



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Wafa Ameli

# EUROOPAN POLIITTISET ENERGIANÄKEMYKSET JA NIIDEN VAIKUTUSKSET PIENTALOIHIN

Tekniikka ja liikenne

2012

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Wafa Ameli
Opinnäytetyön nimi	Euroopan poliittiset energianäkemykset ja niiden vaikutukset pientaloihin
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	68 + 3 liitettä
Ohjaaja	Tapani Hahtokari

---

Uudistettu rakennusten energiatehokkuusdirektiivi on hyväksytty toukokuussa 2010. Energiatehokkuusdirektiivi astui voimaan 8.7.2010. Direktiivin mukaan energiatehokkuutta on edistettävä sekä uudisrakentamisessa että jo olemassa olevassa rakennuskannassa. Uusien rakennusten tulee olla vuoden 2020 loppuun mennessä lähes nollaenergiarakennuksia. Korjausrakentamiselle on direktiivin mukaan asetettava kansalliset energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset.

Opinnäytetyön tarkoitus on keskittyä vastamaan energian kulutukseen koskevaan kysymykseen lämmityksessä ja lämpimän veden kulutuksessa, niin että sähkön ja fossiilisten polttoaineiden käyttö olisi mahdollisemman alhainen.

Pientalon lämmitykseen ja lämpimänvedentarpeen kattamiseen käytetään pääsääntöisesti aurinko- ja maaenergiaa. Lisäksi opinnäytetyö esittää mahdolliset eristeratkaisut energian käytön tehostamisen vuoksi.

## ABSTRACT

Author	Tapani Hahtokari
Title	European energy policy views and their effects on family houses
Year	2012
Language	Finnish
Pages	68 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Tapani Hahtokari

---

The renewed Energy Performance of Buildings Directive was approved in May 2010. The Directive took effect in 08.07.2010. According to the Directive energy efficiency should be encourage in new construction and existing buildings. The new buildings must be Nearly zero-energy in the end of 2020. Renovation is to be made according to the national energy efficiency standards.

The purpose of this study is to focus on the energy consumption during the processes of heating and producing hot water, that the use of electricity and fossil fuel would be as low as possible.

The needs of heating and hot water of this house are covered only by environment friendly resources. In addition, the thesis introduces possible solutions for insulation due to more efficient use of energy.

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	4
2	ENERGIA JA ENERGIAN LÄHTEET .....	6
2.1	Energia fysikaalisena ilmiönä .....	6
2.2	Perusenergiavaroja .....	7
2.3	Fossiiliset energialähteet .....	8
2.3.1	Raakaöljy .....	8
2.3.2	Maakaasu .....	9
2.3.3	Kivihiili .....	11
2.3.4	Ydinenergia .....	12
2.4	Fossiilisten polttoaineiden tilanneanalyysi .....	13
2.4.1	Öljy on suurin vaikuttaja .....	14
2.4.2	Maailmantilanteen vaikutus energian saatavuuteen .....	15
2.4.3	Tšernobylin onnettomuus .....	17
3	UUSIUTUVA ENERGIA ON TULLUT JÄÄDÄKSEEN .....	19
3.1	Uusiutuvat energialähteet .....	20
3.1.1	Aurinkoenergia .....	20
3.1.2	Maaenergia .....	21
3.1.3	Tuulienergia .....	22
3.1.4	Vesienergia .....	23
3.1.5	Puuenergia .....	26
4	EUROOPAN UNIONIN POLIITTINEN NÄKÖKULMA UUSIUTUVAAN ENERGIAAN .....	28
4.1	Opinnäytetyön ajankohtaisuus .....	28
4.2	Uusiutuvien energialähteiden korostaminen Euroopan direktiiveissä ....	29
4.3	Rakennuksen energiatehokkuus .....	30
4.4	Analyysi .....	30
5	RAKENNUKSEN ENERGIA TEHOKKUUDEN LASKENTA .....	31
5.1	Euroopan unionin asettamat huomioon otettavat seikat .....	31

6	OPINNÄYTETYÖN ETENEMISVAIHEITA .....	32
6.1	Energian tuottojärjestelmän toimintaedellytykset.....	32
6.2	Rakenteet.....	32
6.3	U-arvo määrittäminen .....	33
6.3.1	Puurunkoinen ulkoseinä .....	34
6.3.2	Yläpohja .....	36
6.3.3	Alapohja .....	39
6.4	Yhteenveto rakennetyypeistä .....	41
7	ENERGIAN TUOTTOJÄRJESTELÄN TOIMINTAKUVAUS.....	42
8	MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN TOIMINNALLINEN KUVAUS .....	43
8.1	Suomen kallion tyypillisemmät piirteet .....	43
8.2	Maalämpöpumpun rakenne.....	44
8.3	Lämpöpumpun toimintaperiaate .....	45
8.4	Maalämpöpumpun laskennallinen toiminta.....	46
8.5	Maalämmön hyötysuhde ja analyysi.....	50
9	AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN TOIMINNALLINEN KUVAUS	51
9.1	Auringon säteilyenergiaa Suomessa .....	51
9.2	Aurinkokeräimen rakenne.....	52
9.3	Aurinkokeräimen toimintaperiaate .....	52
9.4	Aurinkokeräimien laskennallinen toiminta.....	54
10	PUUENERGIAJÄRJESTELÄMÄN TOIMINNALLINEN KUVAUS .....	57
10.1	Puuenergiajärjestelmän rakenne ja toiminnankuvaus.....	57
10.2	Puuenergiajärjestelmän laskennallinen toiminta.....	59
11	ENERGIAMUODON KERROIN E-LUKU .....	61
12	YHTEENVETO .....	66
	LÄHTEET .....	68

## **LIITEET**

LIITE 1. Pohjapiirustukset

LIITE 2. Energiatodistuksen ja energiatehokkuusluvun määrittäminen

LIITE 3. Ympäristön asetus energiatehokkuudesta muistio D3

## 1 JOHDANTO

Kehittymisen myötä, energiakysymys asettuu yhä enemmän kyseenalaiseksi. Ilmaston muutoksen vuoksi fossiiliset polttoaineet aiheuttavat sekä saasteita että korkeita kuluja, samalla kun EU-direktiivit vaativat enemmän tehokkuutta energian kulutuksen suhteen. Direktiivin mukaan energiatehokkuutta on edistettävä sekä uudisrakentamisessa että jo olemassa olevassa rakennuskannassa. Uusien rakennusten tulee olla vuoden 2020 loppuun mennessä lähes nollaenergiarakennuksia. Näiden syiden perusteella työ jakautuu kahteen osioon, poliittiseen ja tieteelliseen. Poliittisella tasolla tarkistan energiavaatimusten muutoksien syitä ja niiden vaikutuksia tavallisen suomalaisen kuluttajan arkeen. Tieteellisellä tasolla pyrin laatimaan mahdollisia rakenteellisia ratkaisuja energian maksimaaliseen säästämiseen ja hyödyksi käyttämiseen luoden mukavan asumisympäristön ottaen huomioon uudistettu rakennusten energiatehokkuusdirektiivin asettamat ehdot.

On turha väittää, että energian tuotto-, kulutus-, tekniikka-, ja markkinat eivät ole sidonnaisia politiikkaan. Kun öljyn hinta nousee OPECin päätöksen myötä, niin päätös näkyy heti arkipäivän tapahtumiin niin lämmityksessä että lämpimän veden tuoton kohdalla. Mitä enemmän valtio kuluttaa energiaa kuin mitä se tuottaa, sitä enemmän se on riippuvainen ulkomaan energiapolitiikasta. Nyt on aika ajatella, miltä tulevaisuus näyttää energian kohdalla.

Energiatuotto ei sinänsä ole sitä suurinta haastetta tässä opinnäytetyössä, vaan sen säilyttäminen pientalon asumistiloissa, ottaen huomioon tilojen asettamat ehdot kuten pinta-ala, lämmitystapa, lämmitysmuoto ja käyttötarkoitus. Kuitenkin työ tarjoaa sopivat ratkaisut lähinnä pientaloille.

Opinnäytetyössäni pohdin myös tulevaisuuden energiavisioita monista näkökulmista sekä olemassa olevia energiamuotoja ja niiden vaikutuksia yhteiskuntaan ja elämiseen. Tämän opinnäytetyön tehtävä on tarjota erilaisia energian tuottomuotoja ja pohtia niiden tehokkuutta sekä niiden käyttömahdollisuuksia ottaen huomioon Suomessa vallitseva rakennustapaa ja ilmastoa. Tutkimus opinnäytetyössä

keskittyy nimenomaan uusiutuvien energiatapojen tehokkaaseen käyttöön sekä talon eristämistekniikkaan. Tavoitteena on luoda ihanteellisen rakentamisratkaisun, joka yhdistää energiatehokkuutta, asumismukavuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Kokonaisuudessaan tämä opinnäytetyö tarjoaa vastauksia seuraavaan kysymykseen: minkälainen talo vastaa EU:n asettamat lain säädännöt ja vaatimukset.



## 2 ENERGIA JA ENERGIAN LÄHTEET

### 2.1 Energia fysikaalisena ilmiönä

Energia on eräs fysiikan käytetyimmistä peruskäsitteistä. Fysiikan kehityksen myötä ihmisen käsitys energiasta on saanut uusia ulottuvuuksia. Albert Einsteinin mukaan massa on eräs energian esiintymisen muoto. Yhtälössä  $E = mc^2$ , missä  $E$  on energia,  $m$  on massa ja  $c$  on valon nopeus. Ihmiskunta tarvitsee jatkuvasti enemmän energiaa käyttöönsä. Yksi yhteiskunnallisen kehityksen suurempia haasteita on ratkaista kasvaa energiantarve kestäväällä tavalla. Energiaa olisi kyettävä tuottamaan riittäväsi, kohtuulliseen hintaan ja ympäristöä mahdollisemman paljon säästäen./1/

Yksi teknisten tieteiden päätavoitteista on valmistaa ja kehittää laitteita, joilla energiaa voidaan muuntaa muodosta toiseen mahdollisemmin puhtaasti ja hyvällä hyötysuhteella. Yhteiskunnan käyttöenergian, lämmön ja sähkön, tuottamiseen liittyvät kysymykset ovat osa laajaa yhteiskuntapolitiikkaa. Sähkö ja lämpö tarvitaan erilaisissa kohteissa, joihin parhaiten soveltuva tuotantomuoto on harkittava aina tapauskohtaisesti. Jokaisella tuotantomuodolla on omat etuunsa ja haittansa, jotka on otettava huomioon tehtäessä energiantuotantoa koskevia päätöksiä. /1/

Aurinko on maapallon tärkein energialähde. Lähes kaikki tuntemamme energian lähteet perustuvat aurinkoenergiaan. Auringon vuodessa Maahan säteilemä energia on noin 1500 kertaa niin suuri kuin ihmiskunnan vuodessa käyttämä energiamäärä. Energia ei lopu, mutta teknisesti se on vaikeaa saada ihmiselle käyttökelpoiseen muotoon. Aurinko on jättimäinen ydinreaktori, jonka energia syntyy fuusioreaktorissa. Fuusiossa vety-ytimet liittyvät yhteen ja muodostavat helium-ytimiä. Auringon energiaa sitoutuu maapallon pinnalla moniin prosesseihin. Suurin osa energiasta poistuu Maan pinnalta takaisin avaruuteen lämpösäteilynä. /1/

## 2.2 Perusenergiavaroja

Perusenergiavaroja eli primaarisia energialähteitä ovat käyttämättömät luonnossa olevat energiavarannot. Niitä ovat kivihiili, öljy, maakaasu, turve, puu, ja muu biomassaa, veden potentiaali energia, Auringon säteilyenergia, maalämpö ja geotermien energiaa (eli maakuoren lämpöenergia) sekä uraani. Auringosta ovat peräisin kaikki muut energianlähteet paitsi ydin-, vuorovuosi- ja geotermien energia. Primaaristen energialähteiden avulla tuotetaan sähköä ja lämpöä, jota kutsutaan sekundaarienergiaksi. Energiavarat ovat luokiteltu tässä työssä uusiutuviin ja uusiutumattomiin. Uusiutumattomat energiavarat ovat kivihiili, öljy, maakaasu, ydinenergia ja uusiutuvat energiavarat ovat aurinkoenergia, vesienenergia, biomassaa, geotermien energia, maalämpö, vuorovesienenergia, turve. /1/

Öljyn asema merkittävänä energian lähteenä tulee säilymään vielä pitkään. Öljyn korvaaminen on ollut yksi nykyajan haasteista. Löydettyjen öljyvarojen arvioidaan riittävän noin 40 vuodeksi, jos öljyn kulutus pysyy nykyisellä tasollaan, kun taas maapallon kivihiilivarat ovat suuret. Nykyisellä vuosikulutuksella kivihiiltä riittää vielä sadoiksi vuosiksi. Kivihiiltä on helppo louhia, ja sen hinta on suhteellisen edullinen ja sitä on saatavilla useista eri maista. Maakaasu on kolmanneksi merkittävin energian lähde maailman energianhuollossa. Maakaasun osuus ennustetaan pysyvän likimain vakiona. Nykyisin tunnetut maakaasuvarat ovat samaa suuruusluokkaa kuin öljyvarat. Suuremmat maakaasuvarat sijaitsevat Lähi-idän alueella (noin 41 %) ja Venäjällä (noin 27 %). Uraanin osuus maailman energialähteenä on kasvanut 1970-luvulta lähtien nopeimmin verrattuna muihin energialähteisiin. Uraanin käytön lisääntymistä tai vähenemistä on vaikeaa ennustaa, sillä uraanin käyttöön liittyy monta haittaa ja turvaseikkaa, joita esitellään myöhemmin tässä työssä. Toisaalta uraanissa on runsaasti energiaa sillä 50 g väkevöityä uraani vastaa yli neljä tonnia kivihiiltä. /1/

## 2.3 Fossiiliset energialähteet

Jo vuosisatojen aikana fossiiliset polttoaineet olivat ja ovat edelleen hyvin tärkeässä asemassa energiantuotannossa. Samalla ympäristöön syntyi merkittäviä määriä saasteita varsinaisesti niiden käytön alkuvaiheessa johtuen alkeellisesti teknistä ja suurista käyttömääristä. Teknologian kehityksen myötä alettiin huomioida polttoaineiden aiheuttamat haitat ja pyrittiin minimoimaan niitä. 1990 vuoden lopulla saavutettiin merkittäviä muutoksia sekä laissa että teknologiassa fossiilisten polttoaineiden kohdalla. Ongelmat eivät tähän kyllä ole loppuneet, sillä fossiilisten polttoaineiden luonnonvarat ehtyvät, ja niiden hyödyntämisestä aiheutuu koko ajan lisää konflikteja. Maailman katseet kääntyivät kohti uutta energianäkemystä, ja alettiin valmistautua fossiilisten polttoaineiden jälkeiseen aikaan

### 2.3.1 Raakaöljy

Öljy on fossiilinen polttoaine, joka on muodostunut kasveista ja muista eloperäisistä polttoaineista maan korkean paineen ja lämmön vaikutuksesta. Tämä prosessi on kestänyt miljoonia vuosia, jolloin öljy on kerääntynyt taskuihin kalliooperään. Öljyä on käytetty polttoaineena ahkerasti 1800-luvun lopulta asti. Suurin osa Suomeen tuotavasta öljystä jalostetaan bensiiniksi, dieseliksi ja lentokoneiden polttoaineeksi./2/

Öljyn osuus Suomen energiankulutuksesta on noin 25 % eli öljy täyttää Suomen koko energiatarpeesta neljänneksen. Suuri osa öljytuotteista käytetään liikenteessä. Öljy myös lämmittää neljänneksen asuin- ja palvelurakennuksista ja on merkittävä energialähde teollisuudessa sekä maa- ja metsätaloudessa. Öljytuotteita käytetään niin ikään raaka- ja voiteluaineisiin. Vajaa puolet kevyestä polttoöljystä käytetään rakennusten lämmitykseen ja loput maa- ja metsätalouden koneissa ja laitteissa, rakennustoiminnassa ja teollisuudessa. Säätila vaikuttaa merkittävästi lämmityskäyttöön menevän kevyen polttoöljyn kulutukseen. Vuonna 2010 kevyen polttoöljyn kokonaiskulutus oli vajaat 6 % edellisvuotta suurempi. Raskaan polttoöljyn kotimaan myynti puolestaan kasvoi runsaalla 13 prosentilla . /2/

Vuonna 2010 raakaöljystä 94 % tuotiin Venäjältä ja 5 % Norjasta. Lisäksi raakaöljyä tuli Tanskasta, Kazakstanista ja Isosta-Britanniasta. Raakaöljyä tuotiin runsaat 11 miljoonaa tonnia. Öljytuotteiden tuonnista merkittävin osa on viime vuosina ollut keskitisleiden (kevyt polttoöljy, dieselöljy) tuontia Venäjältä. Vuonna 2010 näitä tuotiin 1,5 miljoonaa tonnia.

Koska Suomessa ei ole omaa raakaöljytuotantoa, kansainväliset raakaöljymarkkinat koskettavat öljytalouttamme lähinnä toimitusvarmuutensa ja hintakehityksensä kautta. Suomessa jalostetun raakaöljyn alkuperämaa on vaihdellut vuosikymmenien kuluessa hinta- ja kauppasuhteista riippuen. Raakaöljyä tuotiin Suomeen vuonna 2004 yhteensä 12,25 miljoonaa tonnia./2/

Öljyn poltosta syntyy hiilidioksidia, rikkidioksidia, typpioksideja sekä jonkin verran raskasmetallipäästöjä. Hiilidioksidi aiheuttaa ilmastonmuutoksia, kun taas rikkidioksidi ja typpioksidit lisäävät maan ja veden happamuutta. Öljynkuljetuslaivojen ja öljynporauslauttojen onnettomuuksissa on mereen päässyt suuria määriä öljyä, mikä on vahingoittanut ympäristöä. EU:n alueella on päätetty, että kaikille Itämeren alueella öljyä kuljettaville säiliöaluksille pitää tulla kaksoisrunko./3/

### **2.3.2 Maakaasu**

Maakaasu on väritöntä, myrkytöntä ja ilmaa lähes puolet kevyempää luonnonkaasua. Suomeen tuleva Länsi-Siperian maakaasu on erittäin puhdasta ja tasalaatuista. Se koostuu suurimmaksi osaksi metaanista, mutta siinä on myös pieniä määriä typpeä, etaania, propaania sekä muita raskaampia hiilivetyjä. Maakaasua saadaan poraamalla maan uumenista kuten öljyäkin. Merkittävimmät maakaasuesiintymät sijaitsevat Venäjällä ja Lähi-idässä. Esiintymiä on myös Norjassa sekä Pohjois-Amerikassa. Maakaasuputkiverkosto kattaa Suomen kaakkois- ja eteläosan. Tällä alueella maakaasun osuus lämmön- ja sähköntuotannon polttoaineista on noin 30 % primäärienergian käytöstä ollen koko maan primäärienergian käytöstä noin 10 %. /3/

Maakaasun käyttö edellyttää maakaasuverkon olemassaoloa. Maakaasun kuljetaminen laivalla nesteytetyssä muodossa on myös teknisesti mahdollista, mutta sitä Suomessa ei tehdä. Maakaasu on energialähteenä tehokas, sillä sen siirtohäviöt ovat pienet ja sitä voidaan käyttää erittäin korkealla hyötysuhteella eli kaasun energia pystytään hyödyntämään tuotannossa lähes kokonaan. Maakaasun käytön hyvä hyötysuhde johtuu säädön helppoudesta, täydellisestä palamisesta, puhtaista savukaasuista sekä lämmön talteenottomahdollisuuksista. Maakaasu sopii erityisen hyvin kombinoimalaitoksiin, joissa on sekä höyry- että kaasuturbiini. Niissä on mahdollista tuottaa merkittävästi enemmän sähköä kuin tavanomaisissa voimalaitoksissa ja hyödyntää prosessissa syntyvä lämpö kaukolämpönä. Maakaasua ei ole yhtä helppo varastoida kuin esimerkiksi kivihiiiltä tai öljyä. Suomessa maakaasua varastoidaan ainoastaan putkiverkkoon vuorokausivaihteluiden tasaamiseksi. /3/

Maailman nykyiset kaasuesiintymät keskittyvät pääasiassa entisen Neuvostoliiton alueelle ja Lähi-itään. Venäjä, jonka alueella on 33 % maailman todetuista kaasuvaroista, on ylivoimaisesti suurin yksittäinen kaasumaa. Venäjän todetut kaasuvarat ovat yli 48 000 miljardia kuutiometriä. Maakaasu tulee Suomeen kahdella rinnakkaisella putkella toimittajalta Venäjältä Länsi-Siperiasta. Arviot maakaasun riittävydestä vaihtelevat, mutta järkevästi hyödynnettävissä olevia varantoja maapallolla on useimpien arvioiden mukaan enemmän kuin öljyä. Nykyisellä kulutusvauhdilla kaasua riittää ainakin 60 vuodeksi ja sen käyttöä lisäämällä myös öljyvaroja säästyy. /3/

Maakaasu on ympäristöystävällinen fossiilinen polttoaine. Sen käytöstä eli poltosta ei aiheudu lainkaan rikkidioksidipäästöjä. Kaasumaisen olomuodon ansiosta ei liioin muodostu hiukkas- ja raskasmetallipäästöjä eikä tuhkaa. Syntyvän hiilidioksidin määrä ja typenoksidien määrä on vähäisempi verrattuna muihin fossiilisiin polttoaineisiin. /3/

### 2.3.3 Kivihiili

Kivihiili on syntynyt satojen miljoonien vuosien kuluessa maakerrosten väliin puristukseen jääneistä kasveista. Kivihiili on maailman eniten käytetty sähköntuotannon polttoaine. Lisäksi kivihiili on öljyn jälkeen maailman tärkein energianlähde. Liki kolmasosa maailman sähköntuotannosta ja viidesosa koko energian tarpeesta katetaan hiilellä. Suomessa kivihiilen käyttö pääpolttoaineena on keskitynyt isoihin lauhde- ja kaukolämpövoimalaitoksiin. Lisäksi kivihiiltä käytetään vähäisessä määrin teollisuudessa sähkön ja lämmön tuotannossa./3/

Hiilen osuus primäärienergiasta on vaihdellut vuosien saatossa. Nykyään hiilen osuus primäärienergiasta on yli 10 %. Kivihiilellä tuotetun sähkön osuus on vaihdellut viime vuosina 11–21 %:n välillä sähkön kokonaishankinnasta. Kaukolämmön ja siihen liittyvässä sähkön tuotannossa kivihiilen osuus on vähentynyt 1990-luvun alun yli 40 %:sta viime vuosina 26 -27 %:n välille. Kivihiilen käytön kustannus on kohonnut merkittävästi päästökaupan alettua. Kivihiilen etu polttoaineena on sen hyvä saatavuus ja kohtuullinen hinta. Kivihiiltä on myös helppo varastoida poikkeustilanteiden varalle. Hiilivoimalaitoksen vuotuinen polttoaine mahtuu kohtuukokoiselle kentälle voimalaitoksen viereen. Kivihiilellä onkin suuri merkitys maamme energiahuoltovarmuuden ylläpitämisessä. Huoltovarmuuskeskus velvoittaa pitämään yllä hiilivarastoja./3/

Kivihiili lisää kilpailua Suomen polttoainemarkkinoilla, joissa hiilen hintaa pidetään yleisesti viitehintana. Kivihiilen käyttö on taloudellinen tapa vastata pohjoismaisen vesivoiman tuotannon vaihteluihin. Kivihiiltä on saatavana monesta maasta ja siksi se ei ole kriisiherkkä polttoaine. Maailman tunnetut kivihiilivarat ovat lisäksi moninkertaiset muihin polttoaineisiin verrattuna. Hiilellä on fossiilista energialähteistä suurimmat tunnetut varannot, jotka nykykulutuksella riittävät noin 200 vuodeksi. Viime vuosina pääosa Suomeen tuodusta kivihiilestä on ostettu Venäjältä ja Puolasta. Pienempiä määriä kivihiiltä on tuotu myös muista maista

kuten Indonesiasta ja Etelä-Afrikasta. Suomeen tuodun kivihiilen hinta muodostuu itse kivihiilestä ja rahtikustannuksista. /3/

Kivihiiltä poltettaessa syntyy merkittäviä määriä rikkidioksidi- ( $\text{SO}_2$ ), typen oksidi- ( $\text{NO}_x$ ) ja hiukkaspäästöjä sekä ilmakehään vapautuu hiilidioksidia. Jotta nykyään voimassa olevat  $\text{SO}_2$ -,  $\text{NO}_x$ - ja hiukkaspäästöjen päästömääräykset (päästöraja-arvot) voidaan saavuttaa, kivihiililaitokset on varustettu polttoteknisillä ja savukaasun puhdistukseen perustuvilla päästöjen vähennysmenetelmillä. Suomessa kivihiilen käyttö on tehokasta, samoin sen sivutuotteiden hyötykäyttö. Hiilen poltosta ja puhdistamisesta syntyvillä sivutuotteilla, erityisesti tuhalla ja kipsillä, on käyttöä maisemarakennuksessa ja kipsilevytuotannossa. 60 % menee uusiokäyttöön. /3/

#### **2.3.4 Ydinenergia**

Ydinvoimalla tarkoitetaan atomiytimen hallitussa halkaisemisessa syntyvän energian tuotantoa. Ydinreaktori tuottaa suuria määriä lämpöä uraaniytimen haljetessa, joka muutetaan turpiinin pyörimisvoimalla generaattorissa sähköksi. Ydinvoimaa käytetään pääosin sähköä tuottavissa voimalaitoksissa, mutta myös esimerkiksi sukellusveneissä ja laivoissa. /3/

Ydinvoimaloita on maailmassa 440, joista 104 on Yhdysvalloissa. Suomessa käytetystä sähköenergiasta runsas neljäsosa saadaan ydinvoimalaitoksista. Esimerkiksi Ranskassa lähes 80 % sähköenergiasta tuotetaan ydinvoimalaitoksissa. Maailman kokonaissähköenergiasta vastaava luku on 16 %. Ydinvoimalaitoksilla voidaan tuottaa suuri määrä energiaa ilman kasvihuonepäästöjä. Vapautuvan energian määrä on suuri polttoaineen massayksikköä kohden. Saman energiamäärän tuottaminen fossiililla polttoaineella vaatii noin 100 000 kertaa enemmän polttoainetta. Ydin voimalaitoksen rakentaminen maksaa paljon, mutta sen käyttökustannukset ovat pienet. /1/

Käytetyn ydinpolttoaineen ja kaikki voimalaitoksista ja kaikki voimalaitoksista syntyvän ydinjätteet aiheuttamat loppusijoituskustannukset on kerätty ja rahastoitettu valtion ydinjätehuoltorahastoon. Loppusijoitusratkaisua alettiin valmistella jo, kun ensimmäisiä voimalaitoksia rakennettiin Suomeen. Ydinjätteen loppusijoitus suunnitelmat perustuvat tarkalle tutkimustyölle, joka jatkuu yhä tänäkin päivänä. Aktiiviset jätteet muuttuvat ajan myötä vaarattomaksi. Joillakin aineilla hajoaminen tapahtuu nopeasti, toisten aineiden puoliintumisajat ovat jopa kymmeniä tuhansia vuosia. Puoliintumisaika tarkoittaa aikaa, jonka kuluessa aineen aktiivisten ytimien lukumäärä vähenee puoleen alkuperäisestä. Ydinenergian tuotannossa ei vapaudu päästöjä ilmakehään, ja sillä on muutenkin vähäiset ympäristöhaitat. Ydinvoimalaitoksen turvallisuuteen on kiinnitetty paljon huomiota ja sitä parannetaan jatkuvasti. Riskinä ydinvoimalaitosten käytössä ovat erilaiset toimintahäiriöt. Myös riski suuronnettomuuksiin on olemassa, vaikka se on erittäin pieni. /1/

Ylivoimaisesti merkittävin ydinvoiman muoto on hallitun fissioreaktion hyödyntäminen. Fissiossa atomiydin halkeaa kahdeksi tai useammaksi kevyemmäksi atomiytimeksi, ja atomi hajoaa yhtä moneksi kevyemmän alkuaineen atomiksi. Lisäksi reaktiossa ytimeistä sinkoutuu neutroneita, ja osa sen massasta muuttuu energiaksi. Ydinvoimaloissa käytetty raaka-aine on uraani. Uraanimalmin louhimisessa ja malmin rikastusprosesseissa syntyy päästöjä ilmaan ja veteen. Radioaktiiviset päästöt tuovat pienen lisäyksen normaaliin taustasäteilyyn. /1/

## **2.4 Fossiilisten polttoaineiden tilanneanalyysi**

Fossiilisten energianaineksien tarkastelu on tämän työn yksi keskeisemmistä vaiheista. Turvataksaan stabiilin energiatuoton, energiantuotto on oltava itsenäinen kuluttavalle yksikölle. Tämän vaiheen aikana tarkastellaan tämän päivän fossiilisten energiaressurssien käytön vaikutuksia yksittäiseen suomalaiseen taloon lämmitystarpeisiin ja lämpimänvedentuottoon.



Energian hinta määritteli energiaressurssien käyttöä historian aikana, joten Euroopan hyvinvointi on riippuvainen energian hinnasta. Eurooppalaiset poliittiset suuntaukset alkoivat miettiä ns. öljyjälkeistä tilannetta ja siihen aikakauteen siirtymiseen. Siirtyminen kohti öljynjälkeiseen aikaan tapahtuu Euroopassa askel kerrallaan. Tiukentamalla standardit aikajaksoittain saavutetaan nollaenergiarakenusta vuonna 2020. Näin ollen EU:n tekemät velvoitteet ovat asetettu voimaan jo tänä päivänä, sillä Eurooppa pyrkii välttämään kaikki konfliktit, jotka saattavat syntyä tulevaisuudessa energiansaantiin liittyen.

#### **2.4.1 Öljy on suurin vaikuttaja**

Fossiilisten energiaressurssien suurin vaikutus tavallisen suomalaisen ihmisen elämään aiheuttaa öljy, moni teollinen ala on riippuvainen öljyn saannista turvataksseen jatkuvuuden ja tuottavuuden. Öljyyn, kuten kaikki muut hyödykkeet, kohdistuu suuria vaihteluntekijöitä ajan mittaan. Kun kysyntä ylittää öljyn tuotantokapasiteettia, hinta nousee jyrkästi, koska sekä kysyntä että tarjonta ovat joustamattomia lyhyellä aikavälillä. Näin syntyy sellaisia tilanteita, joissa sekä yksilöt että yritykset pyrkivät joko minimoimaan heidän tuotantoon tai keksimään uusia energiaratkaisuja. Toinen puoli on, kun tarjonta ylittää kysynnän, hinnat romahtavat näin tuotannon kustannukset ovat isommat kuin hinnat, pienemmät tuotantolaitokset sulkeutuvat ja ihmiset alkavat menettää työpaikkoja. Viimeisten kymmenen vuoden aikana öljyn hinta on jatkanut nousuaan ja vaikutukset ja seuraukset ovat heijastuneet heti tavallisen ihmisen elämään monella tasolla kuten:

Rakentamiseen: Öljyn hinnan nousu nostaa lähes kaikki rakennusraaka-aineiden hinnat ja hankaloittaa niiden saatavuuden. Sementin ja raudan valmistukseen kuuluu todella paljon öljyperäistä energiaa, maalien ja pinnoitteiden raaka-aine on öljy. Näin itse rakennuksen alkukustannukset ovat korkeat jo rakentamisen alkuvaiheessa. Yleisin virhe on leikata eristämisen ja valvonta kustannuksia sekä turvautua halpoihin energiaratkaisuihin. Näin rakennuksen ylläpitokustannuksia ovat myöskin kalliita.

Lämmittämiseen: Polttoöljyä on ollut viime vuosien saakka yleinen lämmitysmuoto Suomessa, mutta korkea hinta, hankala saatavuus, riippuvuus maailman tilanteesta olivat hankaloittaneet öljyn saantia samalla kuin valistus uusista energiamahdollisuuksista on yleistynyt.

Liikenteeseen: Suomi on pohjoisen sijainnin vuoksi hyvin riippuvainen kuljetamisesta. Tieliikenteen kautta kuljetetaan rakentamisen raaka-aineet tuotantolaitokselle ja sieltä käyttökohteisiin. Laivalla tuodaan sekä raakaöljyä että sen jalosteita kuten diesel, bensiini, polttoöljy ja jne. Raakaöljyn hinnan nousu aiheuttaa ns. ketjureaktion, joka nostaa kaikki mainittujen hyödykkeiden hinnat.

Näkemykset ovat siirtyneet ympäristöystävälliseen, tasaiseen, luotettavaan energiasursseihin.

#### **2.4.2 Maailmantilanteen vaikutus energian saatavuuteen**

Arvaamattomuus fossiilien aineiden saannin kohdalla on yksi tärkeimmistä piirteistä, sillä energiamarkkinat ovat riippuvaisia sekä taloudellisesta että poliittisesta maailman tilanteista. Tämä riippuvuus luo epävarman olon energiasaannista kuluttajan kohdalla. Mitä lämmitysöljy maksaa ensitalvena? Historia on näyttänyt meille esimerkin siitä miten käy, kun poliittinen tilanne kiristyy ja energianlähteet käytetään vaikutuskeinona.

Pahimmat kriisit muistetaan yhä kuten vuoden 1973 öljykriisin. 1973 öljykriisin alkoi 15. lokakuuta 1973, kun Arabi-valtiot päättivät muodostaa arabien öljynviejämaiden (OAPEC) järjestön, joka koostuu arabien OPEC:in jäsenmaista sekä Egyptistä ja Syyriasta. Järjestö julisti öljysaarron, jonka tarkoitus oli vaikuttaa länsimaiden asenteisiin Israelia kohtaan ja pakotta sitä vetäytymään arabien miehittämiltä alueilta. OAPEC järjestö ilmoitti, että se pysäyttää öljytoimitukset Yhdysvaltoihin ja muihin maihin, jotka tukivat Israelia. Tilanne kiristyy entiseltään ja öljysaarron vaikutukset näkyivät melkein heti. Öljy ja öljytuotteiden hinta nousi kohtuuttomiin ja saanti oli hyvin vaikea. Tämä tilanne heijastui heti suomalais-

sen kuluttajan arkielämään. Sisäasianministeriö antoi talouselämän säännöstelystä poikkeuksellisissa oloissa annetun lain nojalla koko joukon määräyksiä energian säästämiseksi. Määräyksiä olivat:

- Asuin- ja toimistohuoneiden ylin lämpötila 20 astetta
- Myymälöiden ja työhuoneiden ylin lämpötila 18 astetta
- Varastojen ja teollisuustilojen ylin lämpötila 16 astetta
- Autotallien lämmitys on kielletty
- Lämmitetyn veden käyttö uima-altaissa on kielletty yleisiä altaita lukuun ottamatta
- Lumen sulattaminen kaduilta ja pihamailta lämmitetyllä vedellä on kielletty
- Autojen lämmitys sähköverkosta on kielletty alle 10 asteen pakkasella
- Liikkeiden näyteikkunavalaistus on sallittu vain liikkeiden aukioloaikoina
- Moottoriteitä ei saa valaista

Määräykset olivat voimassa joulukuusta 1973 toukokuun 1974 loppuun./4/

Edellinen esimerkki on kuvaus siitä, miten Suomi oli riippuvainen maailman energiamarkkinoista. Tämän kriisin jälkeen maailma heräsi uuteen todellisuuteen. Oli keksittävä varakeinoja. Koko Eurooppa panosti uusien tuottomuotojen tutkimiseen ja hyväksikäyttöön. Ydinvoiman käyttö vilkastui hyvin nopeasti ja uusi moderni aika oli avannut ovensa, kunnes vuonna 1986, jolloin Tšernobylin onnettomuus tapahtui. Maailma oli saanut varoitusmerkin: Oli oltava sellainen energiamuoto, joka kattaa energiatarpeita, oli riippumaton maailman poliittisesta tilanteesta ja hyvin ympäristöystävällistä. Maailma oli saanut varoitusmerkin: oli oltava sellainen energiamuoto, joka kattaa energiatarpeita, oli riippumaton maailman poliittisesta tilanteesta ja hyvin ympäristöystävällistä.

### 2.4.3 Tšernobylin onnettomuus

Se, että otin tämän aiheen tarkastelun alle, johtuu siitä, että ihminen on valmis käyttämään vaarallisia ja epävarmoja tapoja tehokkaaseen energian tuottamiseen. Suuremmat katastrofit ovat johtuneet siitä, että ihmiskunta on valmis käyttämään tiettyä teknologiaa, vaikka se on alkeellinen tai puutteellinen. Näin sattui suurin energiaonnettomuus Tšernobylistä.

Lauantaina huhtikuun 26. päivänä voimalan neljännen reaktorin määräaikaishuollon alkaessa oli sovittu tehtäväksi koe. Kokeessa oli tarkoituksena selvittää pysyykö hidastuva generaattori tuottamaan sähköä jäähdytysjärjestelmälle niin kauan, että varajärjestelmät saadaan päälle. Jotta koe voitiin tehdä, muun muassa hätäjäähdytysjärjestelmä ja reaktorin pikasulkujärjestelmä kytkettiin määräysten vastaisesti pois päältä. Reaktorin tehoa pudotettiin sallitun raja-arvon alapuolelle. Reaktorin teho pudotettiin normaalista 3 200 megawatin lämpötehosta 700 MW:iin. Ilmeisesti kokeen viivästyisestä johtuen tehonpudotus päädyttiin tekemään liian nopeasti, jolloin reaktorin todellinen lämpöteho putosi kolmeenkymmeneen megawattiin. /5/

Reaktorin normaalisti tuottaman fissiotuotteen ksenon-135 pitoisuus alkoi nousta. Reaktorin teho oli alarajalla, joten sitä päätettiin lisätä 200 MW:iin. Ksenon-135:n neutroniabsorption ylittämiseksi säätösauvoja päätettiin vetää reaktorista ulommas kuin turvallisuusmääräykset sallivat. Myös vesipumput, joita generaattorin oli tarkoitus käyttää, oli käynnistetty. Veden virtaus ylitti turvallisuusmääräykset. Koska myös vesi absorboi neutroneja, täytyi sitä kompensoida vetämällä säätösauvoja ulos toimivan reaktion ylläpitämisen vuoksi. Reaktoria käytettiin vaarallisessa ja epävakaassa tilassa. /5/

Koe alkoi 1:23:04 paikallista aikaa. Reaktorin epävakaata tilaa ei näkynyt hallintalaitteissa mitenkään. Kahdeksasta jäähdytyspumusta neljä suljettiin. Virtauksen hidastuessa jäähdytysneste kuumeni reaktion kiihtyessä ja alkoi kiehua, jolloin putkiin syntyi höyrytaskuja. Reaktorin operaattoreilta ja kokeen valvojalta puuttui koulutus reaktorin käyttäytymisestä kokeen alhaisella tehoalueella. Reaktoria ei

ollut suunniteltu käytettäväksi, kuten sitä kokeessa käytettiin. Itse asiassa sen suunnittelijat tiesivät reaktorin epävakaaaksi valitulla tehoalueella, minkä vuoksi reaktorin käyttö kokeen tavoin oli yksiselitteisesti kielletty. Kello 1:23:47 reaktorin teho nousi 30 GW:iin, kymmenkertaiseksi normaalista. Tämä oli liikaa reaktorin jäähdytysputkille ja kannelle, jotka rikkoutuivat hetkessä valtavan paineennousun ja höyryräjähdysten johdosta. /5/

Isotooppianalyysin perusteella on esitetty että 2-3 s höyryräjähdysten jälkeen tapahtunut toinen voimakkaampi räjähdys oli osittainen hallitsematon ketjureaktio eli pienimuotoinen ydinräjähdys, joka seismologisten mittausten mukaan oli teholtaan noin 10 tn TNT. Reaktorin ytimeen pääsi ilmaa, jolloin happi sytytti hetkessä hidastinaineena olleen grafiitin. Neuvostoliitossa ydinvoimalaitoksiin ei rakennettu suojarakennusta, koska reaktorit oli suunniteltu siten, että kunnollisen suojarakennuksen rakentaminen olisi ollut hyvin kallista ja hankalaa. /4/

Reaktorista vapautuvien korkeapaineisten radioaktiivisten kaasujen, savun, hiukasten ja kappaleiden sekamelska pääsi lähes esteettä ulkoilmaan. Radioaktiivinen savusumu nousi noin kilometrin korkeuteen. Yksi työntekijä kuoli räjähdyksessä ja toinen kuuman höyryn aiheuttamiin palovammoihin. Räjähdykset sytyttivät noin 30 tulipaloa, mukaan lukien kolmosreaktorin rakennuksen katon. WHO:n Tšernobyl -raportissa vuodelta 2006 laskettiin, että akuutti säteilytauti (ARS) diagnosoitiin kaikkiaan 134 henkilöllä. Näistä 28 menehtyi vuonna 1986 ja 19 vuosina 1987–2004. WHO:n raportin mukaan väestön saama säteilyannos oli "hyvin paljon alempi" kuin ARS-oireyhtymä edellyttäisi, mistä syystä muiden kuolemantapauksien syy-yhteyttä säteilyyn ei voida osoittaa. /5/

### 3 UUSIUTUVA ENERGIA ON TULLUT JÄÄDÄKSEEN

Vuosi 2007 oli käännekohta Euroopan unionin ilmasto- ja energiapolitiikassa. EU osoitti olevansa valmis ottamaan maailmanlaajuisen johtoaseman toimissa, joilla pyritään torjumaan ilmastomuutosta ja vastaamaan kestävän, kilpailukykyisen ja varman energiahuollon asettamaan haasteeseen sekä tekemään Euroopan taloudesta kestävän kehityksen malliesimerkki 2000-luvulla. Yleisessä mielipiteessä on tapahtunut ratkaiseva muutos, ja toimia ilmastomuutoksen torjumiseksi pidetään nyt välttämättöminä, samoin kuin Euroopan mukautumista kasvihuonekaasupäästöjen leikkausten aiheuttamaan uuteen tilanteeseen. Myös uusiutuvien ja kestävien energialähteiden kehittämistä tuetaan laajasti. Poliittisella tasolla on saavutettu yksimielisyys, ja ilmasto- ja energiakysymys on noussut EU:n poliittisen toimintaohjelman ytimeksi. Se on EU:n toimintaa ohjaava teema, ja se on myös keskeinen tekijä Lissabonin kasvu- ja työllisyysstrategiassa ja EU:n suhteissa maailmanlaajuisen kumppaneidensa kanssa. Se on saanut myös Euroopan parlamentin 1 ja Eurooppa-neuvoston tuen. /6/

Eurooppa-neuvoston maaliskuussa 2007 sopimat tarkat, oikeudellisesti sitovat voitteet olivat osoitus EU:n päättäväisyydestä. Päätöstä ei tehty kevein perustein. Pelissä on paljon, sillä Euroopan taloudellinen hyvinvointi riippuu oikeiden ratkaisujen löytämisestä. Nykyisin on saatavilla vakuuttavaa näyttöä siitä, että toimettomuus aiheuttaisi kustannuksia, jotka halvaannuttaisivat maailmantalouden: Sternin raportin 2 mukaan kustannukset olisivat 5–20 prosenttia maailman BKT:stä. Samaan aikaan äskettäiset öljyn ja kaasun hinnannousut ovat jälleen osoittaneet, kuinka kilpailu energiavaroista kiihtyy vuosi vuodelta ja kuinka energiatehokkuus ja uusiutuvat energialähteet voivat olla kannattavia investointikohteita. Tätä taustaa vasten selittyy EU:n johtajien valmius sitoutua Euroopan talouden muutokseen, joka vaatii merkittäviä poliittisia, sosiaalisia ja taloudellisia ponnistuksia. Muutos tarjoaa kuitenkin myös tilaisuuden uudenaikaistaa Euroopan taloutta ja suunnata se kohti tulevaisuutta, jossa teknologia ja yhteiskunta ovat sopeutuneet uusiin tarpeisiin ja jossa innovointi luo uusia mahdollisuuksia kasvuun

ja työllisyyden parantamiseen. Eurooppa-neuvosto asetti seuraavat kaksi päätavoitetta:

- Kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään vähintään 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä.
- Uusiutuvien energialähteiden osuus EU:n energiankulutuksesta on 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä.

Eurooppa-neuvosto myönsi, että nämä kunnianhimoiset tavoitteet voidaan saavuttaa vain, jos kaikki jäsenvaltiot tuntevat niihin kohdistuvat odotukset ja tavoitteista tehdään oikeudellisesti sitovia. Näin saataisiin käyttöön julkisen hallinnon kaikki keinot, ja yksityisellä sektorilla olisi pitkän aikavälin luottamus, jota se tarvitsee perustellakseen investoinnit, joita tarvitaan Euroopan muuttamiseksi vähäisten hiilidioksidipäästöjen ja korkean energiatehokkuuden taloudeksi./6/

### **3.1 Uusiutuvat energialähteet**

Uusiutuva energia maksaa toistaiseksi enemmän kuin perinteinen energia, mutta öljynhintojen nousun myötä tilanne tulee pian muuttumaan. Monet jäsenvaltiot tarjoavat jo nyt kuluttajille taloudellista tukea uusiutuvan energian käyttöön. Useimpien uusiutuvien energiamuotojen hinnat ovat joka tapauksessa laskussa, joissakin tapauksissa hyvinkin tuntuvasti. Esimerkiksi aurinkosähköteknologian hintojen odotetaan puolittuvan vuoteen 2020 mennessä. Kun uusiutuvan energian kehittämislle annetaan lisäpontta, hinnat todennäköisesti laskevat entisestään. /6/

#### **3.1.1 Aurinkoenergia**

Aurinko on tähti, joka tiivistyi noin viisi miljardia vuotta sitten tähtienvälisen aineen pilvistä. Auringon elinikää on jäljellä vielä toiset viisi miljardia vuotta. Aurinko on kaasupallo, jonka pintakerroksissa on vetyä (71 %), heliumia (27 %) ja muita aineita (2 %). Auringon kuorella on lisäksi lukuisia muita alkuaineita ja erilaisia kemiallisia yhdisteitä./7/

Auringon energia tulee fuusiosta eli lämpöydinreaktiosta, kun neljästä vetyatomista muodostuu yksi heliumatomi. Fuusioista yli jäänyt massa muuttuu osittain energiaksi. 10 miljoonan asteen lämpötilassa tapahtuvat fuusiot tuottavat auringolle  $3,8 \times 10^{23}$  kW ominaistehon. Tästä säteilee maapallolle  $1,7 \times 10^{14}$  kW, joka on 20 000 kertaa enemmän kuin ihmiskunnan tämänhetkinen energiankulutus. Auringon energia on säteilyn lämpö- ja valoenergiaa. Säteily sisältää koko sähkömagneettisen säteilyn spektrin. Energiasta noin 19 prosenttia imeytyy ilmakehään. Lisäksi pilvet estävät säteilyn pääsyä maahan. Suomessa maahan asti pääsee noin  $200 \text{ W/m}^2$ . /7/

Aurinkoenergia on uusiutuvaa energiaa, eikä sitä rasita polttoainekustannukset. Sen käytöstä ei myöskään synny hiilidioksidia eikä jätteitä lukuun ottamatta käytön tarvittavien laitteiden valmistusta ja kierrätystä. /7/

### 3.1.2 Maaenergia

Maalämpöpumput hyödyntävät maaperän pintakerrokseen tai vesistöihin sitoutunutta aurinkoenergiaa. Kallioon porattu lämpökaivo on nykyään yleisin maalämmön talteenottotapa. Mikäli tontti on iso, voidaan lämpöä kerätä myös noin metrin syvyyteen asennetulla vaakaputkistolla. Vesistöjen läheisyydessä voidaan keruuputkisto ankkuroida painoilla pohjasedimenttiin. /8/

Keruuputkistossa kiertää jäätymätön neste, joka lämpenee muutaman asteen matkansa aikana. Keruupiirin nesteestä saatava lämpö höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Höyrystyneen kylmäaineen painetta nostetaan kompressorilla, jolloin myös sen lämpötila nousee. Kylmäaine lauhtuu lämpöpumpun lauhduttimessa jälleen nesteeksi, jolloin se luovuttaa lämpöä lämmönjakoverkkoon ja lämpimään käyttöveteen. /8/

Geoterminen energia tai toisin sanoen geoterminen lämpö on maansisäistä lämpöä. Erotuksena maalämpöön, joka on maaperään auringon lämmön aikaansaamaa lämpöä, geoterminen lämpö on lähtöisin maan sisuksissa tapahtuvien radioaktiiv-



visten hajoamisten aiheuttamasta lämmöstä. Tämä lämpö puolestaan johtuu maan kuoren ylempiin kerroksiin. /3/

Geotermistä energian voidaan hyödyntää käyttämällä suoraan kuumien lähteiden lämpöenergiaa tai poraamalla maahan riittävän syvä kanava, josta joko johdetaan maanalaisesta nestevarastosta kuumaa vettä tai kierrättämällä tässä kanavassa sinne pumpattua vettä, joka lämpenee kanavassa. Tätä lämpöä voidaan hyödyntää suoraan lämmityksessä tai sähköntuotannossa. /3/

Geotermistä energiaa hyödynnetään runsaasti Islannissa. Geoterminen energia on Islannissa maan tuliperäisyyden vuoksi helposti hyödynnettävissä, koska kuuma vesi saadaan läheltä maan pintaa. Geotermistä energiaa voidaan hyödyntää myös muualla, mutta tällöin maahan porattavien kanavien täytyy ulottua huomattavasti syvemmälle, jopa kilometrien syvyyteen. Esimerkiksi Ruotsissa Lundin kaupungissa käytetään 800 m syviä kanavia, joista saadaan 21 C asteista vettä. Mitä syvempi kanava, sitä lämpimämpää vettä saadaan. /3/

Geoterminen energia on lähes päästötöntä. Ongelmia aiheuttavat kuitenkin hyvin syvällä olevan veden rikkioksidi, typpioksidi, metaani ja muut pitoisuudet, joiden vuoksi sitä ei voida käyttää suoraan esimerkiksi kaukolämmitysverkossa. Suurimpana haasteena laajemmalle käytölle ovat toistaiseksi erittäin syvälle ylettyvien kanavien porauskustannukset. /3/

### **3.1.3 Tuulienergia**

Tuuli on uusiutuva energianlähde. Tuulen liike-energia voidaan muuntaa pyörimisliikkeeksi ja edelleen sähköksi generaattorissa. Tuulivoimatuotannossa ei synny päästöjä ilmaan veteen tai maahan. Suomessa on toistaiseksi vain vähän tuulivoimaa, mutta energiayrityksillä on paljon suunnitelmia tuulivoiman rakentamiseksi. /3/

Vuoden 2009 lopussa Suomessa oli 118 voimalaa, joiden yhteenlaskettu teho on 147 megawattia. Vuonna 2009 tuulivoimalla tuotettiin alustavien tietojen mukaan

sähköä 277 GWh. Tuulivoimalat tuottivat yhteensä 0,4 prosenttia Suomen sähköntuotannosta. /3/

Suomessa on tuulivoimaloille soveltuvia alueita erityisesti rannikolla, merialueilla ja Lapin tuntureilla. Tuulivoimakapasiteettia on mahdollista lisätä merkittävästi nykyisestä. Hallituksen ilmasto- ja energiastrategian mukainen tavoite tuulivoimatuotannolle on 6 TWh vuonna 2020. ET:n oman vision mukaan tuulivoimalla voitaisiin vuonna 2050 kattaa noin 10–15 prosenttia sähköntuotannosta. Tällöin tuotanto olisi noin 15-20 TWh/vuosi. /3/

Tuulivoimalat luokitellaan nimellistehonsa mukaan. Nykyään eniten myydyt tuulivoimalaitokset ovat nimellisteholtaan noin 2–3 MW:n suuruisia, mutta suurempien, jopa 5 MW:n, laitoksien markkinaosuus on kasvussa. Laitoskokojen kasvu jatkuu voimakkaana etenkin merelle rakennettavien ns. offshore-laitoksien osalta. Laitoksen käyttöikä on 20–40 vuotta, jonka jälkeen laitos voidaan joko uudistaa tai purkaa. /3/

Tuulivoima on voimakkaassa kasvussa Euroopassa. Vuonna 2009 rakennettiin EU:ssa kaikista sähköntuotantomuodoista eniten tuulivoimaa. Uutta tuulivoimakapasiteettia rakennettiin EU:ssa kaikenkaikkiaan 10,163 MW, mikä vastasi 37 prosenttia kaikesta vuonna 2009 rakennetusta sähköntuotantokapasiteetista. Vuoden 2009 lopussa EU:n tuulivoimakapasiteetti oli yhteensä jo 74 767 MW. Kasvua edellisvuodesta oli 20 prosenttia. Eniten tuulivoimakapasiteettia on Saksassa ja Espanjassa. /3/

Tuulivoimalla ei tuoteta suoraan lämpöä, sen vuoksi se ole otettu ratkaisuvaihtoehtoksi tämän työn aikana.

#### **3.1.4 Vesienergia**

Vesivoima on merkittävin uusiutuva sähköntuotantomuoto Suomessa. Energiajärjestelmän toimivuuden ja käyttövarmuuden kannalta vesivoimalla on lisäksi eri-

tyinen asema säätöominaisuutensa vuoksi. Vesivoimalaitoksissa tuotetaan energiaa hyödyntämällä kahden eri vesitason välistä korkeuseroa. Vesi virtaa alas turbiinin kautta. Turbiini pyörittää generaattoria, joka muuntaa veden energian sähköksi. /3/

Suomessa on yli 220 vesivoimalaitosta, joiden yhteenlaskettu teho on noin 3100 MW. Vesivoima jaetaan suur-, pien- ja minivesivoimaan voimalan nimellistehon perusteella. Suurvesivoimalla tarkoitetaan nimellisteholtaan yli 10 MW:n, pienvesivoimalla 1-10 MW:n ja minivesivoimalla alle 1 MW:n tehoista vesivoimaa. Nämä luvut perustuvat Tilastokeskuksen jaotteluun. Perinteisesti vesivoimalla on ollut Suomen sähköntuotannossa suuri merkitys. Suurimmillaan sen osuus Suomen sähköntuotannosta, jopa 90 %, oli 1950- ja 1960-luvuilla. Nykyään Suomen vesivoimakapasiteetti oli noin 3100 MW ja vesivoiman osuus sähköntuotannosta vaihtelee Suomessa vuosittain 10–20 % välillä riippuen vesitilanteesta. /3/

Vesivoimalla on muun muassa se etu, että vettä voidaan varastoida suuriin varastoaltaisiin ja sitä voidaan käyttää sähkönkulutuksen ollessa huipussaan. Vesivoimatuotanto on kuitenkin riippuvainen sääolosuhteista. Vähäsateisina vuosina ja vuosina, jolloin lumen sulamisvettä kertyy vähän, varastoitavasta vedestä saattaa olla pulaa. Pohjoismaissa vesivoimaa on normaalivesivuonna noin 200 TWh. Kuivina vuosina tuotanto saattaa jäädä 170 TWh:iin. /3/

Kannattavuudeltaan edullisimmat vesivoimakohteet Suomessa on jo rakennettu tai suojeltu uudelta vesivoimarakentamiselta. Rakennetun vesivoimakapasiteetin lisäämisen kannattavuus vaihtelee suuresti kokoluokittain ja hanketyypeittäin. Uuden vesivoiman osalta lisäämismahdollisuudet ovat lisäksi rajalliset erityisesti ympäristönsuojelullisista syistä, jotka saattavat rajoittaa jo olemassa olevan kapasiteetin käyttöä. Lisäämismahdollisuus rakennetuissa vesistöissä on vajaa 400 MW ja suojelemattomissa vesistöissä rakennettavissa oleva lisäkapasiteetti on noin 270 MW. /3/

Vesivoiman tulevaisuuteen liittyy paljon epävarmuuksia. Yksi suurimmista on EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi, jonka tavoitteet ovat vaativat. Kiristyvät ilmastotavoitteet puolestaan tukevat vesivoiman käyttöä, josta ei muodostu hiilidioksidipäästöjä eikä muitakaan ilmapäästöjä. Talvella sähkönkulutus on suurimmillaan, mutta vettä virtaa luonnontilaisissa vesistöissä vähän. Vesistöjä säännöstelemällä sähköntuotantoa voidaan siirtää kulutusta vastaaviin aikoihin, mikä yhdessä vesivoiman nopean ja helpon säädettävyyden ansiosta tekee vesivoimasta erinomaista säätövoimaa. Sähkönkäytön nopeat muutokset hoidetaan pääosin vesivoimalla. /3/

Vesivoiman rooli säätövoimana korostuu kuivina vuosina. Sähkön kulutuksen kasvun myötä myös säätövoiman tarve lisääntyy. Vesivoimalaitoksia voidaan käynnistää, säätää ja pysäyttää muita voimalaitoksia nopeammin. Vesivoiman käyttömahdollisuuksiin vaikuttavat jokien virtaamat ja varastoaltaiden vesimäärät. Jokivoimalaitoksessa laitoksen oman padon avulla aikaansaatu allas pystyy hoitamaan vain lyhytaikaisen säädön, kun taas säännöstelyvoimalaitoksella voidaan suurten varastoaltaiden avulla säädellä tuotantoa jopa vuositasolla. Altain vedenkorkeudelle on voimalaitoksen vesilain mukaisissa lupahdoissa määrätty ylä- ja alarajat. Vesivoimalaitosten investointikustannukset ovat korkeat, mutta käyttökustannukset alhaiset pitkän käyttöiän ansiosta. Laitosten toimiluvat edellyttävät, että kalakannoista ja muusta vesiympäristöstä huolehditaan. /3/

Vesivoima on ympäristölleen puhdas uusiutuva energiamuoto. Sen vaikutukset rajoittuvat lähivesistöön. Vesi ei vähene eikä pilaannu virratessaan voimalaitoksen läpi. Vesivoimasta ei myöskään aiheudu kiinteitä jätteitä eikä päästöjä ilmaan, veteen tai maaperään. Vesivoimalla on myös kyetty torjumaan tulvat tai vähentämään niiden aiheuttamia vahinkoja. Vesivoiman ympäristövaikutukset ovat merkittävimmät rakennettaessa patoja ja säännöstelyaltaita. Padot estävät kaloja liikkumasta, mikä vaikuttaa kalakantoihin ja kalastukseen. Vaikutuksia lievennetään kalanistutuksin, kalateillä ja muilla kalanhoitotoimenpiteillä. Vesivoiman tuotannon aikaiset ympäristövaikutukset aiheutuvat lähinnä säännöstelystä. Säännöstely aiheuttaa veden pinnankorkeuden ja virtaamien vaihtelua, millä voi olla vaikutuk-

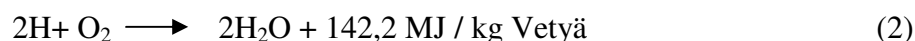
sia niin kalastoon, virkistystoimintaan kuin ekologiaan. Sallitut säännöstelyrajat on määritetty vesivoimaloiden ympäristöluvista. Vesivoimayhtiöt osallistuvat monin tavoin jokivarsien ympäristön ja virkistyskäytön edistämiseen vapaaehtoisessa yhteistyössä alueen asukkaiden ja ympäristöviranomaisten kanssa. /3/

### 3.1.5 Puuenergia

Valtaosa Suomen uusiutuvasta energiasta tuotetaan puuperäisistä biomassoista. Suurin osa puuenergiasta tuotetaan hyödyntämällä puunjalostusteollisuuden sivuvirtoja kuten kuorta, sahanpurua ja selluntuotannossa syntyvää mustalipeää. Puun energiakäyttö kulkeekin hyvin pitkälti käsi kädessä metsäteollisuuden puunjalostuksen kanssa. /17/

Kansallisena uusiutuvan energian käytön tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä hakkeen käyttö nousee 13,5 miljoonaan kuutiometriin (28 TWh) eli lähes kolminkertaiseksi nykyisestä. Energiapuusta tehdyn metsähakkeen käyttö on kasvanut viimeisen kymmenen vuoden aikana hyvin nopeasti, keskimäärin noin 400 000 kiintokuutiometriä vuodessa. /17/

Energiasisältö riippuu polttoaineen kemiallisesta koostumuksesta eli sen hiili- ja vety-yhdisteisiin sitoutuneesta energiasta. Täydellisessä palamisessa hiili yhdistyy happeen tuottaen hiilidioksidia, ja vety yhdistyy happeen tuottaen vettä. Energian vapauttaminen tapahtuu seuraavien yhtälöiden mukaisesti:



Polttoaineen hiilidioksidin ominaispäästö osoittaa, kuinka paljon hiilidioksidia syntyy tuotettua energiayksikköä kohti. Hiilidioksidi vapautuu puusta 40 %:n kosteudessa 110 g, kun energia tuotetaan 1 MJ. Kun polttoainetta tuotetaan kestävän metsätalouden mukaisesti, hiili vain kiertää ilmakehän ja biomassan välillä. Täl-

lön puupolttoaineiden käyttö ei juurikaan lisää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta.  
Uusiutuvuutensa ansiosta puu on polttoaineena miltei hiilineutraali. /18/

## **4 EUROOPAN UNIONIN POLIITTINEN NÄKÖKULMA UUSIUTUVAAN ENERGIAAN**

### **4.1 Opinnäytetyön ajankohtaisuus**

Maaliskuussa 2007 kokoontunut Eurooppa-neuvosto korosti, että energiatehokkuutta on parannettava unionissa, jotta voitaisiin saavuttaa unionin energiankulutukselle asetettu 20 prosentin vähennystavoite vuoteen 2020 mennessä, ja vaati komission tiedonannossa ”Energiatehokkuuden toimintasuunnitelma: Mahdollisuuksien toteuttaminen” määriteltyjen ensisijaisten toimien perusteellista ja nopeaa täytäntöönpanoa. /9/

Toimintasuunnitelmassa todetaan, että rakennusallalla on mahdollista saavuttaa merkittäviä kustannustehokkaita energiansäästöjä. Euroopan parlamentti kehotti 31 päivänä tammikuuta 2008 antamassaan päätöslauselmassa tiukentamaan direktiivin 2002/91/EY säännöksiä, ja se on useaan otteeseen, viimeksi toisesta strategisesta energiakatsauksesta 3 päivänä helmikuuta 2009 antamassaan päätöslauselmassa, kehottanut, että 20 prosentin energiatehokkuustavoitteesta vuoteen 2020 mennessä tehdään sitova. Lisäksi jäsenvaltioiden pyrkimyksistä vähentää kasvihuonekaasupäästöjään yhteisön kasvihuonekaasupäästöjen vähentämissitoumusten täyttämiseksi vuoteen 2020 mennessä 23 päivänä huhtikuuta 2009 tehdyssä Euroopan parlamentin ja neuvoston päätöksessä N:o 406/2009/EY ( 6 ) asetetaan hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi sitovia kansallisia tavoitteita, joiden osalta rakennusalan energiatehokkuus on ratkaisevan tärkeää, ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä 23 päivänä huhtikuuta 2009 annetussa Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2009/28/EY ( 7 ) säädetään energiatehokkuuden lisäämisestä, mihin liittyy sitovana tavoitteena se, että uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus unionin koko energiankulutuksesta on 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä. /9/

”Lähes nollaenergiarakennuksella” tarkoitetaan rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus. Tarvittava lähes olematon tai erittäin vähäinen energian määrä olisi hyvin laajalti katettava uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia. /11/

Jäsenvaltioiden on varmistettava, että:

- 31 päivään joulukuuta 2020 mennessä kaikki uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia.
- 31 päivän joulukuuta 2018 jälkeen uudet rakennukset, jotka ovat viranomaisten käytössä ja omistuksessa, ovat lähes nollaenergiarakennuksia. Jäsenvaltioiden on laadittava kansalliset suunnitelmat lähes nollaenergiarakennusten lukumäärän kasvattamiseksi. Näihin kansallisiin suunnitelmiin voi sisältyä rakennusluokkien mukaan eriytettyjä tavoitteita. /10/

## **4.2 Uusiutuvien energialähteiden korostaminen Euroopan direktiiveissä**

Energiankulutuksen vähentäminen ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käyttö rakennusalailla ovat hyvin tärkeitä toimenpiteitä, joita tarvitaan unionin energiariippuvuuden ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Yhdessä uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian lisääntyvän käytön kanssa energiankulutuksen vähentämistoimet unionissa mahdollistavat, että unioni noudattaa ilmastomuutosta koskevaan Yhdistyneiden kansakuntien puitesopimukseen (UNFCCC) liitettyä Kioton pöytäkirjaa ja sekä pitkän aikavälin sitoumustaan säilyttää maailmanlaajuinen lämpötilan nousu alle 2 °C:ssa että sitoumustaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärää vuoteen 2020 mennessä vähintään 20 prosenttia. /9/



### 4.3 Rakennuksen energiatehokkuus

Rakennuksen energiatehokkuus on määritettävä sen lasketun tai tosiasiallisen energiamäärän perusteella, joka vuosittain kulutetaan rakennuksen tyypilliseen käyttöön liittyvien tarpeiden täyttämiseen, ja sen on vastattava lämmitysenergiaa ja jäähdytysenergiaa, joka tarvitaan rakennuksen suunniteltujen lämpötilaolosuhteiden ylläpitämiseen, ja lämpimän käyttöveden tarvetta./12/

### 4.4 Analyysi

Euroopan unionin poliittiset energianäkemykset ovat hyvin selvät, sillä Eurooppa valtioineen yrittää välttää mahdolliset energiaongelmat tulevaisuudessa. Kyse ei ole vain riippumattomuus maailman energiamarkkinoista ja mahdollisesta sotilaallisista toimenpiteistä energian vuoksi, myös Eurooppa yrittää säilyttää hyvän elinympäristön ja luonnon. Tärkeimpiä tavoitteita ovat energiakatastroofien välttäminen ja tehokkaan uusiutuvien energian käyttäminen. Hyviä esimerkkejä ovat Sakan päätös luopua ydinvoimasta vuoteen 2022 menneessä Fukushima-ydinkatastroofin jälkeen ja Espanjan rakentama maailman suurin aurinkoenergiavoimala. Poliittiset näkemykset korostavat myös energian kohtuullisen ja stabiilin hinnan ja saantitavat.

Euroopan politiikkaa hahmotta myös, että uusiutuvaenergia-ala työllistää monia miljoonia ihmisiä ympäri Eurooppaa. Alkuaskeleita alettiin heti rakennusallalla, koska asuminen kulutta jatkuvasti energiaa. Asuintilat on suunniteltava niin, että energiakulutus olisi mahdollisemman tehokasta ja ympäristöystävällistä energiankulutuslaskelmia on suoritettava ottaen huomioon lämmitystapa, asukasmäärä ja käyttötarkoitusta. Määräykset kannustavat myös uusiutuvien energialähteiden käyttöön ja lisäävät myös eri energiamuotojen ratkaisujen välistä kilpailua.

## 5 RAKENNUKSEN ENERGIA TEHOKKUUDEN LASKENTA

### 5.1 Euroopan unionin asettamat huomioon otettavat seikat

Rakennuksen energiatehokkuus on ilmaistava avoimella tavalla, ja siihen on sisällyttävä energiatehokkuusindikaattori ja numeroarvoinen primäärienergiankäytön indikaattori, joka perustuu primäärienergian tekijöihin energiamuotoa kohden; primäärienergian tekijät voivat perustua kansallisiin tai alueellisiin painotettuihin vuotuisiin keskiarvoihin tai paikalla tapahtuvan tuotannon ominaisarvoon. Rakennusten energiatehokkuuden laskentamenetelmässä olisi otettava huomioon eurooppalaiset standardit, ja sen on noudatettava asiaa koskevaa unionin lainsäädäntöä, mukaan lukien direktiivi 2009/28/EY. /12/

Menetelmä on määritettävä siten, että huomioon otetaan ainakin seuraavat näkökohdat: seuraavat rakennuksen, sen sisätilan seinät mukaan lukien, tosiasialliset lämpöominaisuudet:

- lämpökapasiteetti
- eristys
- passiivinen lämmitys
- lämmityslaitteet ja lämpimän veden jakelu
- kiinteä valaistusjärjestelmä (pääasiassa muissa kuin asuinrakennuksissa)
- rakennuksen suunnittelu, sijainti ja suuntaus, ulkoiset ilmasto-olosuhteet
- passiiviset aurinkoenergiajärjestelmät ja aurinkosuojaus
- sisäilmasto-olosuhteet. /12/

## 6 OPINNÄYTETYÖN ETENEMISVAIHEITA

Työn aikana tarkastellaan tyypillisen suomalaisen talon rakennuseristeitä, lämmitystarpeita ja lämpimänvedentarvetta Euroopan unionin laatiman energiasäännöksen näkökulmasta, niin että talo saa lähes kaikki tarvitsemansa energiaa näihin tarkoituksiin aurinko- ja maaenergialla. Energian tuottojärjestelmän tueksi käytetään myös puuenergiaa varaavan takan muodossa.

### 6.1 Energian tuottojärjestelmän toimintaedellytykset

Varmistaakseen, että energian tuottojärjestelmä toimii suunnittelulla tavalla, on tarkistettava lämpöeristeen rakenteita. Työssä tarkistetaan lämmöneristeitä, tutkitaan niiden teho ja modifioidaan niitä paremmiksi ratkaisuksi. Lämpösystemin toimivuuden kannalta on hyvin tärkeä, että tuotettu energiaa käytetään mahdollisemman tehokkaasti. Valvonta ja kontrollointi ovat avain sanoja, sillä tarkasti pitää valvoa energian käyttö hallituissa olosuhteissa.

### 6.2 Rakenteet

Euroopan direktiivissä on mainittu tarkasti U-arvojen suuruudet. U- arvo on lämmönläpäisevyys kerroin. Se kuvaa sitä lämpövitaa, joka kulkee  $1\text{m}^2$  kokoisen rakenteen osan läpi lämpötilaeron ollessa  $1^\circ\text{C}$ . Mitä alhaisin ja pienempi arvo sitä parempi eristävyys rakenne tarjoaa. U- arvo on kokonaislämmönvastuksen R käänteisluku.

Materiaalin lämmönjohtokyky  $\lambda$  määritellään lämpömääränä, mitä sekunnissa kulkee neliömetrin pinta-alaisen ja metrinpaksuisen materiaalin läpi, kun lämpötilaero välillä on  $1^\circ\text{C}$ . Alhainen lämmönjohtokyvyn arvo tarkoittaa hyvää lämmöneristyskykyä. Näihin kriteereihin perustuvat materiaalien valinnat. Rakenteiden paksuudet ovat määritelty niin, että ne saavuttavat alhaista U-arvoa, jotta se täyttää annettuja standardeja.

Eristysmateriaalit tässä työssä ovat molemmat sekä mineraalivilla, että polyuretaania. Polyuretaanin lämmönjohtavuuskyky on hyvin alhainen, sen vuoksi se on paksumpi kerros eristeissä. Eristeiden tehostaminen voi olla asennushetkellä kustannukseltaan korkeampi kuin tavallinen eristys, mutta pidemmällä aika välillä se säästää merkittävästi lämmityskustannuksia.

Työnaikainen valvonta on hyvin merkittävä osa hyvien tuloksien saavuttamiseksi. Epähuolellinen työnjälki, raot, reiät jne. voivat heikentää huomattavasti eristävyyttä. Työnaikainen huolellisuus ja eristeiden oikea käsittely ja varastointi mahdollistavat laskennallisesti saatujen arvojen saavuttamista.

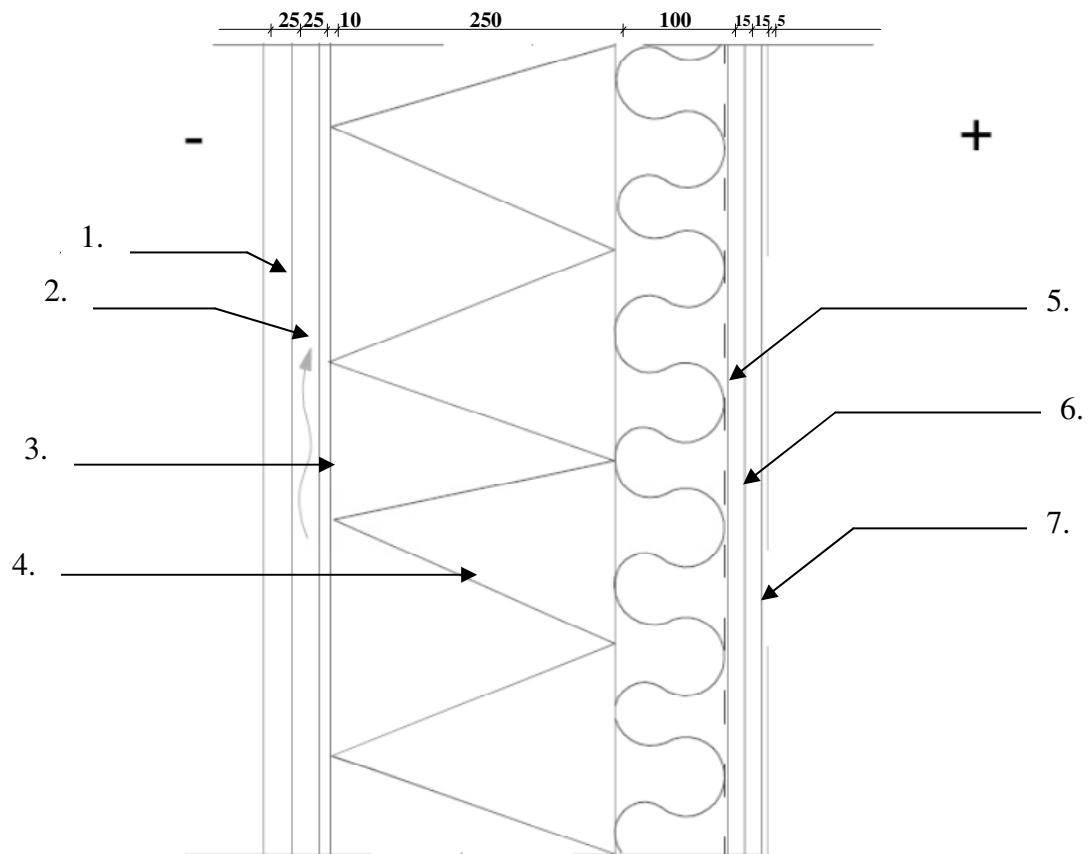
### 6.3 U-arvo määrittäminen

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/91/EY (32002L0091); EYVL N:o L1,4.1.2003, s. 65 on määritellyt tarkasti vertailu U-arvot, mitä ei saa ylittää. Työssä rakenteet suunnitellaan niin, että U-arvojen suuruudet ovat hyvin matalampia kuin vertailuarvot. Vertailuarvot ovat:

**Taulukko 1.** U-arvon vertailuarvo.

Rakenne:	Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi U-arvo	Suomen RMK 2010
Seinä	0,10 W/m <sup>2</sup> K	0,17 W/m <sup>2</sup> K
Alapohja	0,17 W/m <sup>2</sup> K	0,17/0,16 W/m <sup>2</sup> K
Yläpohja	0,09 W/m <sup>2</sup> K	0,09 W/m <sup>2</sup> K

### 6.3.1 Puurunkoinen ulkoseinä



**Kuva 1.** Ulkoseinärakenne.

Rakennekerrokset ovat:

1. Ulkoverhous.
2. Tuuletusväli 22..25 mm.
3. Tuulensuoja  $\geq 9$  mm.
4. Kantavarakenne (Viilupuu) + Lämmöneriste 1. (Polyuretaania) 250 mm + Lämmöneriste 2. (Mineraalivillaa) 100 mm.

5. Ilman- ja höyrynsulku 0,20 mm (Polyteenimuovikalvo), saumat ilman- ja höyrytiivit.
6. Rakennuslevy, 2-kertainen rakennuslevy palomitoituksen mukaan, sisäpuolisen suojaverhouksen palonkestoaika vähintään 10 minuuttia.
7. Pintakäsittely

Lähtöarvot ja lasku:

**Taulukko 2.** Laskuihin tarvittavat lähtöarvot.

Rakenteen tyyppi	Polyuretaani	Mineraalivilla	Rakennuslevyt
Rakenteen $\lambda$ arvo ( $\frac{W}{m K}$ )	0,023	0,034	250
Rakenteen pak- suus (m)	0,25	0,10	0,015

Tarvittavat kaavat:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3)$$

Tätä suhdetta kutsutaan lämpövastukseksi ja sen yksikkö on ( $m^2 \times ^\circ C / W$ ).

Edelleen siitä voidaan laskea U-arvo:

$$U = \frac{1}{R} \quad (4)$$

Märitellään materiaalien R-arvot eli lämpövastukset eristeen kohdalla:

$$R = \frac{d}{\lambda} (\text{Polyuretaani}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Mineraalivilla}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Rak.levyt}) \quad (5)$$

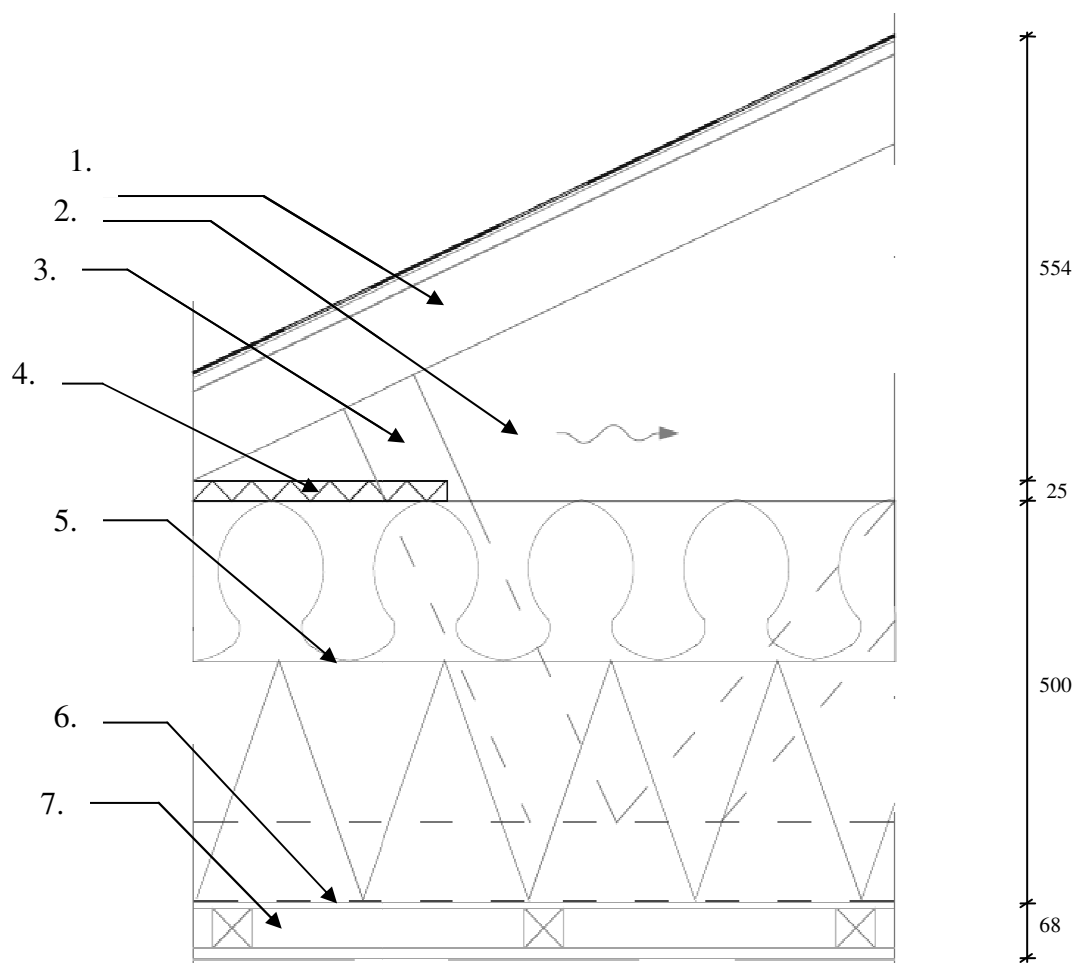
$$= \frac{0,250 \frac{m}{W}}{0,023 \frac{m}{K}} + \frac{0,100 \frac{m}{W}}{0,034 \frac{m}{K}} + \frac{0,030 \frac{m}{W}}{2,5 \frac{W}{m K}} = 13,94 \frac{m^2}{\frac{C}{W}}$$

Ja edellisten kaavojen mukaisesti määritellään Ulkoseinän U-arvo:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{13,94 \frac{m^2}{\frac{C}{W}}} = 0,072 \frac{\frac{C}{W}}{m^2} \quad (6)$$

Ulkoseinän U-arvo on noin  $\approx 0,07 \frac{\frac{C}{W}}{m^2}$ , Ulkoseinän laskennallisesti saatu U-arvo on pienempi kuin edellä esitetty vertailuarvo, näin voin totea sen kelvollisuutta jatkolaskelmiin.

### 6.3.2 Yläpohja



## Rakenteet

1. Bitumikermikate
2. Tuuletusväli  $\geq 100$  mm
3. Kantavarakenne, kattoristikot
4. 25 mm rakennuslevy (Havuvaneri)
5. Lämmöneriste 1. (Mineraalivilla) 200 mm + Lämmöneriste 2. (Polyuretaania) 300 mm.
6. Ilman- ja höyrynsulku 0,20 mm (Polyteenimuovikalvo), saumat ilman- ja höyrytiivit.
7. Rakennuslevy, esim. puolikova puukuitulevy, Puukoolaus, tai ristiinlaudoitus 2x(22x100) k 400 Kattoverhous ja pintakäsittely huoneselosteen mukaan.

Lämmöneristeen painuminen otettava huomioon eristeen asennuksessa (asennuspaksuus n. 20 % nimellispaksuutta suurempi). Kattoristikoiden alaparteeseen kiinnitetty rakennuslevy tukee lämmöneristettä sekä ilman ja höyrynsulkua. Ilman- ja höyrynsulun jatkokset limitetään ja sijoitetaan alaparteen kohdalle.

Lähtöarvot ja lasku:

**Taulukko 3.** Laskuihin tarvittavat lähtöarvot.

Rakenteen tyyppi	Polyuretaani	Mineraalivilla	Rakennuslevy (Havuvaneri)	Rak.- levyt
Rakenteen $\lambda$ arvo $\left(\frac{W}{m K}\right)$	0,023	0,034	0,05	0,050
Rakenteenpaksuus (m)	0,3	0,2	0,025	0,022



Rakenteen U-arvo:

Märitellään materiaalien R-arvot eli lämpövastukset eristeen kohdalla :

$$R = \frac{d}{\lambda} (\text{Polyuretaani}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Mineraalivilla}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Rak.havuvaneri}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Rak.lev.})$$

(5)

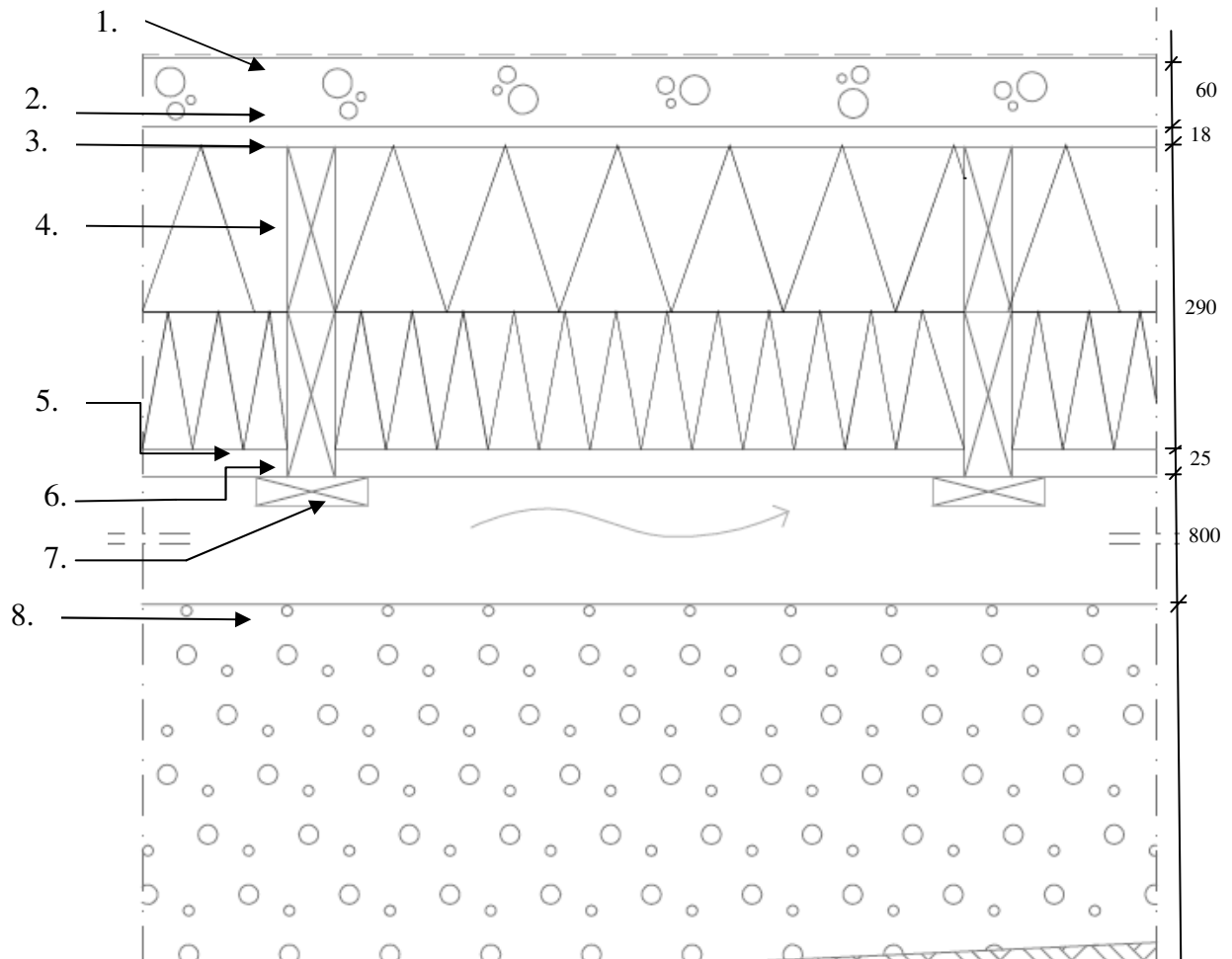
$$= \frac{0,300 \frac{m}{\frac{W}{mK}}}{0,023 \frac{W}{mK}} + \frac{0,200 \frac{m}{\frac{W}{mK}}}{0,034 \frac{W}{mK}} + \frac{0,025 \frac{m}{\frac{W}{mK}}}{0,05 \frac{W}{mK}} + \frac{0,044 \frac{m}{\frac{W}{mK}}}{0,05 \frac{W}{mK}} = 18,9915 \frac{m^2}{\frac{C}{W}}$$

Ja edellisten kaavojen mukaisesti määritellään Ulkoseinän U-arvo:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{18,925 \frac{m^2}{\frac{C}{W}}} = 0,05291 \frac{\frac{C}{W}}{m^2} \quad (6)$$

Yläpohjan U-arvo on noin  $\approx 0,05 \frac{\frac{C}{W}}{m^2}$ . Yläpohjan laskennallisesti saatu U-arvo on pienempi kuin edellä esitetty vertailuarvo, näin voin totea sen kelvollisuutta jatkolaskelmiin.

### 6.3.3 Alapohja



**Kuva 3.** Alapohjarakenne.

#### Rakennekerrokset

1. Lattianpäällyste ja pintakäsittely
2. Teräsbetonilaatta, pintahierto 60 mm
3. Ilman- ja höyrynsulku, ympäripontattu havuvaneri, liima- ja ruuvikiinnitys 18 mm vanerilevyä.
4. Kantava rakenne, Vaarnapalkki 42x(147+147), Lämmöneriste, 147 mm, polyuretaania, + 122 mm kovavilla.
5. Tuulensuoja, 25 mm, esim. kosteuden kestävä jäykkä puukuitulevy
6. Harvalaudoitus, 22...25x100 lattiakannattajien alapinnassa 22..25 mm,,

7. Ryömintätila, tuuletusaukkojen määrä 4...8 ‰ ryömintätilan pinta-alasta  $\geq$  800 mm.
8. Salaojituskerros, raekoko  $\varnothing$  6...16 mm  $\geq$  300 mm

Lähtöarvot ja lasku:

**Taulukko 4.** Laskuihin tarvittavat lähtöarvot.

Raken- teen tyyppi	Polyure- taani	Kovavilla	Betoni- laatta	Raken- nuslevy (Havu- vaneri)	Puukuitu- levy
Raken- teen $\lambda$ arvo $(\frac{W}{m K})$	0,023	0,037	1,7	0,05	0,05
Paksuus (m)	0,147	0,122	0,06	0,025	0,081

Rakenteen U-arvo:

$$R = \frac{d}{\lambda} (\text{Polyuretaani}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Kovavilla}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Betonilaatta}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Havuvaneri}) + \frac{d}{\lambda} (\text{Puukuitulevy}) \quad (5)$$

$$= \frac{0,147 \text{ m}}{0,023 \frac{W}{m K}} + \frac{0,122 \text{ m}}{0,037 \frac{W}{m K}} + \frac{0,060 \text{ m}}{1,7 \frac{W}{m K}} + \frac{0,025 \text{ m}}{0,005 \frac{W}{m K}} + \frac{0,081 \text{ m}}{0,05 \frac{W}{m K}} = 10,853 \frac{m^2}{\frac{c}{W}}$$

Ja edellisten kaavojen mukaisesti määritellään Ulkoseinän U-arvo:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{10,853 \frac{m^2}{C/W}} = 0,0944 \frac{C}{m^2} \quad (6)$$

Alapohjan U-arvo on noin  $\approx 0,09 \frac{C}{m^2}$ , Alapohjan laskennallisesti saatu U-arvo on sama kuin edellä esitetty vertailuarvo, näin voin toteaa sen kelvollisuutta jatkolaskelmiin.

#### 6.4 Yhteenveto rakennetyypeistä

Perinteiset rakennetyypit eivät sisällä polyuretaania. Rakenteet lisäeritettiin polyuretaanilla erittäin hyvän lämmöneristävyyden vuoksi. Laskennallisesti saatu U-arvot ovat erittäin matalat, mikä takaa lämpösystemin toimivuuden ja energian valvottua käyttöä. Rakenteet näin ollen noudattavat Euroopan unionin direktiivien asettamat velvoitteet ja lain säädännöt.

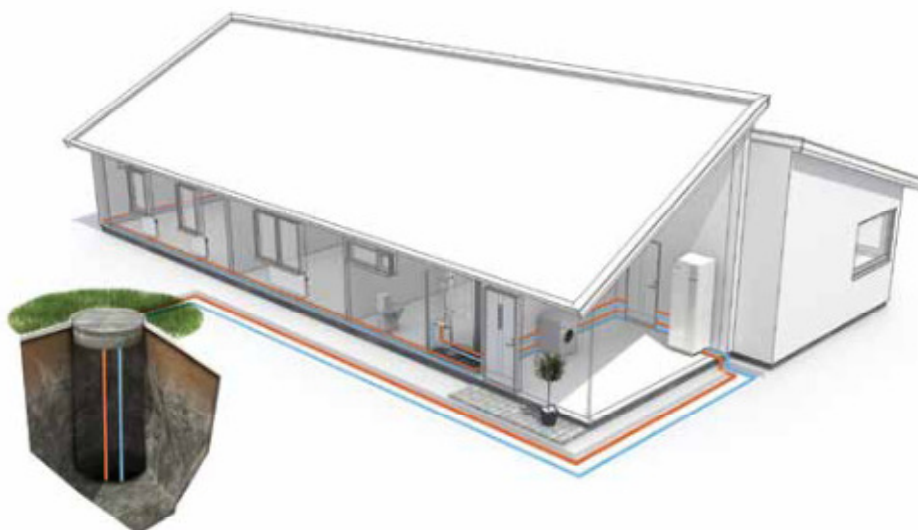
## **7 ENERGIAN TUOTTOJÄRJESTELÄN TOIMINTAKU- VAUS**

Energian tuottojärjestelmän tuotantokanavat ovat maaenergia, aurinkoenergia ja puuenergia. Energian tuottojärjestelmän tehtävä on muuttaa aurinkoenergiaa ja maaenergia mahdollisemman hyödylliseen käyttömuotoon. Tässä tutkimuksessa lämpömuotoon, joka varastoidaan vesivaraajaan. Vesi toimii kuljettajana ja siirtää lämpöenergiaa säiliöstä koko pientaloon asumistiloihin. Talvella pakkaspäivien aikana toiminta tehostetaan käyttämällä puuenergiaa. Järjestelmän energian tuotantotavat ovat täysin haitattomia ja erittäin ympäristöystävällisiä.

Energian tuotantokanavat tukevat toisiaan, jotta energian saanti olisi turvallinen. Kaikille tuotantokanaville on yhteinen vesivaraaja johon energiaa otetaan talteen.

## 8 MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN TOIMINNALLINEN KUVAUS

Maalämpöpumppu on ympäristöystävällinen lämmöntuottomuoto. Lämmönlähteinä voidaan käyttää muun muassa maaperää, kallioperää tai järvivettä. Myös pohjavettä voidaan käyttää lämmönlähteenä. Tämän työn käyttämä lämpöpumppu on kallioperäinen maalämpöpumppu. /13/



**Kuva 4.** Rakenne kuvaa maalämmön hyödyntäminen pientaloissa.

Lämpöpumppu kerää talteen osan kallioon varastoituneesta aurinkoenergiasta kallioon porattuun reikään asennetun keruuputkiston avulla.

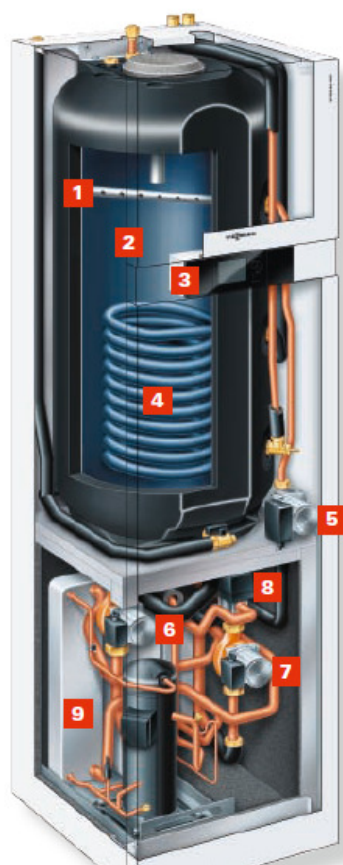
### 8.1 Suomen kallion tyypillisemmät piirteet

Suomen kallioperä on hyvin vanhaa, suurin osa siitä on muodostunut arkeaisen- ja proterotsooisen eonin aikana. Arkeista kallioperää tavataan Itä- ja Pohjois- Suomessa, kun taas Etelä- ja Keski-Suomen kallioperä koostuu pääasiassa proterotsooisista kivilajeista. Sen lisäksi, että Suomen kallioperä on hyvin vanhaa, se on myös hyvin paksua. Paksuimmillaan se on Keski-Suomessa, jossa kallioperä on

jopa 65 kilometriä paksu. Yli puolet Suomen kallioperästä koostuu graniittisista kivilajeista. Myös migmatiitteja esiintyy Suomen kallioperässä melko paljon, mutta erilaiset emäksiset kivet, liuskeet, kvartsiitit ja kalkkikivet ovat Suomen kallioperässä harvinaisempia. /15/

## 8.2 Maalämpöpumpun rakenne

Tässä työssä käytössä olevaa maalämpöpumppu on valittu sillä perusteella, että siihen voi kytkeä aurinkopaneelit suoraan, ilman erillistä teknistä ratkaisua. Vesisäiliö on sama vaikka on käytössä kaksi erillistä järjestelmää. Tekninen rakenne on seuraavanlainen:



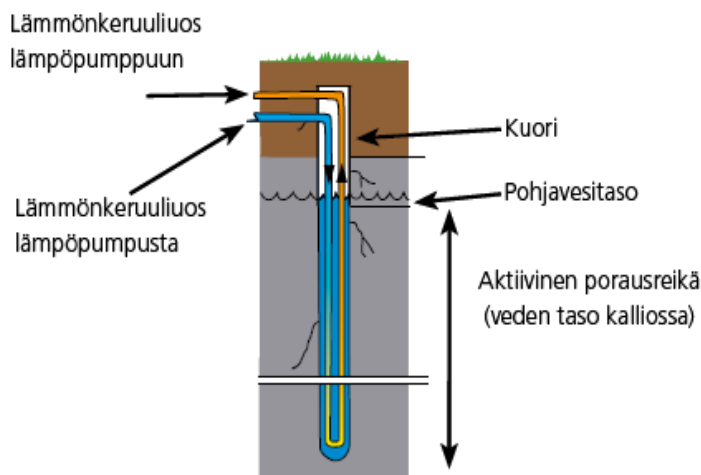
**Kuva 5.** Maalämpöpumpun tekninen kuvaus.

1. Latausjärjestelmä
2. Lämminvesivaraaja

3. Lämpö-pumpun säätölaite
4. Integroitu aurinko-lämmönvaihdin
5. Latauspumppu
6. Liuospiirin kiertopumppu
7. Lämmityspiirin kiertopumppu
8. Vaihtventtiili lämmitys/ käyttövesi
9. Lämpöpumpun kylmäainepiiri

Laitteessa on valmiiksi integroituna varaaja-vedenlämmitin, kiertopumput sekä vaihtventtiili. Menoveden lämpötila on maksimissaan 60 astetta. /16/

### 8.3 Lämpöpumpun toimintaperiaate



**Kuva 6.** Keruupiirin toiminnankuvaus.

Lämpöpumppu koostuu lämpöpumpusta, lämminvesivaraajasta, sähkövastuksesta, matalaenergiakiertopumpuista sekä ohjausyksiköstä. Lämpöpumppu liitetään lämmönkeruu- ja lämmityspiireihin. Energia otetaan lämmönlähteestä (kallio) suljetun lämmönkeruujärjestelmän kautta, jossa kiertää jäätymätön lämmönkeruuliuos.. Lämpöpumpun höyrystimessä lämmönkeruuneste (veden ja pakkasnesteen seos) luovuttaa energiansa kylmäaineeseen, joka höyrystyy ja puristetaan sitten



kompressorissa. Lämmennyt kylmäaine johdetaan lauhduttimeen, jossa sen energia siirtyy lämmityspiiriin sekä tarvittaessa lämminvesivaraajaan. Jos tarvitaan enemmän lämpöä/käyttövettä kuin kompressor pystyy tuottamaan, laitteistossa on sisäänrakennettu sähkövastus, joka kytkeytyy päällä hätätilanteessa tai kun tarvitaan lisätehoa. Työn aikana käytetyt laskelmat ottavat huomioon se, että sähkön käyttö olisi minimaalista. /13/

#### 8.4 Maalämpöpumpun laskennallinen toiminta

Talon on perinteinen suomalainen talo. Eristekerrokset ovat esitetty edellisissä kappaleissa. Tämä talon nollaenergiaperiaate perustuu energialaatuun. Nimen omaan primäärienergian perusteella eli kaikki tuotettu energia on uusiutuva energiaa, joka on täysin ympäristöystävällinen. Lämmitystarpeet määräytyvät nykyenergiakulutuksen ja eristemuodon mukaan. Lämmitystarpeita mitataan energiatodistuksessa. Tulokset perustuvat konkreettiseen mittaustulokseen.

Tarkastelu lähtee liikkeelle määrittämällä talon lämmitysenergian tarve. Arvot ovat valittu talon energiatodistuksen perusteella. /13/

**Taulukko 5.** Laskuihin tarvittavat lähtöarvot.

Lämmitystarve W/m <sup>2</sup> B	Lämpimänveden tarve/henkilö kWh/v H	Talon pinta-ala m <sup>2</sup> S	Lämpökerroin (Lämpimänveden mukaan lukien) k
45	1000	120	2864

Nykytalojen lämmitys energian tarve on 45 W/m<sup>2</sup> ja lämpimänvedentarve on 1000 kWh/v. Lasku suoritetaan seuraavan kaavan mukaisesti:

$$S \times B = \text{Lämpöenergian tarve} \quad (7)$$

$$\text{Lämpöenergian tarve on} = 120 \text{ m}^2 \times 45 \text{ W/m}^2 = 5400 \text{ W}$$

Kertomalla saatu tulos energiakertoimella  $k$ , saadaan kokonaisenergian tarve. Lasku suoritetaan seuraavan kaavan mukaisesti:

$$\text{Nettolämpöenergiantarve} \times k = \text{Kokonaislämpöenergiantarve} \quad (8)$$

Eli Nettolämpöenergian tarve on näin ollen:  $5,4 \text{ kW} \times 2864 = 15\,465,6 \text{ kW} = 15\,465,6 \text{ kWh/vuosi}$ .

Laskelma määrittää kokonaisenergian tarpeen, eli tarvittava energia talon lämmittämiseen ja lämpimän veden tuottamiseen. Arvo kuvaa sen tarpeen, jonka koko lämmöntuottojärjestelmä täytyy tuottaa. Maalämmöllä voidaan peittää tietyn verran energiatarpeista, kuitenkin ei kaikkia. Tarkastellaan seuraavasti kuinka paljon lämpöpumppu pystyy tuottamaan tarvittavasta energiasta. Maalämpöpumpun saamaan energian laskemiseen on kehitetty laskuohjelma, jonka avulla voimme tarkasti määrittellä maalämpöpumpun tehoa. Saadut arvot sijoitetaan Nide-lämpöpumppu-laskuohjelmaan. Lasku etenee seuraavien vaiheiden mukaisesti:

1. Ohjelma määrittelee ensin lähtöarvot sijainnin mukaan. Vaasassa vuoden keskilämpötila on  $3,7^{\circ}\text{C}$  ja mitoittava ulkolämpötila on talvenaikaan kylmin mahdollinen lämpötila, jonka kesto voi ylittää kolme päivää. Lähtöarvot ovat Suomen ilmatieteenlaitoksen määrittämiä arvoja.

Paikkakunnan ilmastotiedot	
Vuoden keskilämpötila	<input type="text" value="3.7"/> °C
Mitoittava ulkolämpötila MUT	<input type="text" value="-27.0"/> °C

**Kuva 7.** Suomen ilmatieteenlaitoksen määrittämiä lähtöarvoja.

Tehontarve MUT:ssa	
Kokonaistehontarve lämmitys	4,5 kW
Energia	
Nettoenergiatarve	16374 kWh/vuosi
Sisälämpötila	21 °C
josta lämpimän käyttöveden osuus	4000 kWh/vuosi
Talon rakennusvuosi	Oma vaihtoehto
Lämpöpumputiedot	
<input checked="" type="radio"/> Vaihteleva lauhdutus	<input type="radio"/> Kiinteä lauhdutus
Lämmönlähde	Kallio
Menolämpötila MUT:ssa	55 °C
Lämpöpumputyyppi	NIBE F1245-6
Paluulämpötila MUT:ssa	45 °C
LP lämpimän käyttöveden tuotto	100 %
Tulevan keruuaineen keskilämpötila	-0,5 °C
Kiertovesipumpun teho	86 W
Energianpeittoaste	100 %
Tehonpeittoaste	99 %
Lisäenergia	
<input type="radio"/> Öljy	<input checked="" type="radio"/> Sähkö
<input type="radio"/> Kaasu	<input type="radio"/> Puu
<input type="radio"/> Kaukoläm.	Hyötysuhde
	100 %

**Kuva 8.** Ohjelman syöttöarvot.

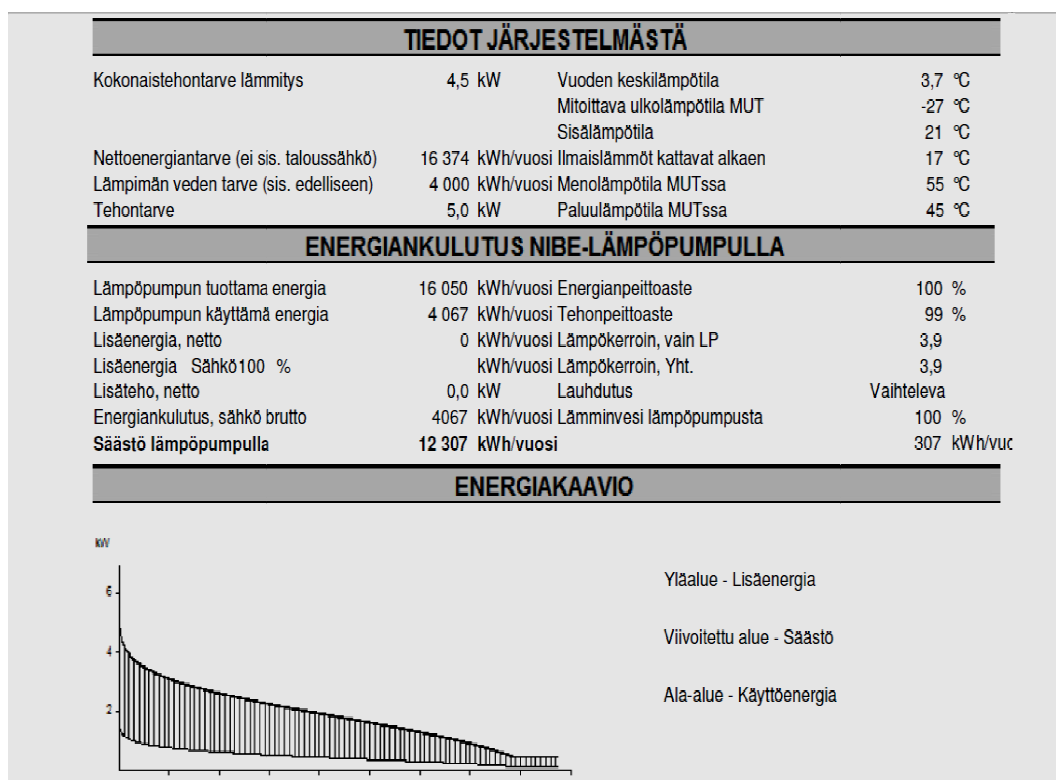
- Ohjelma pyytää seuraavaksi kokonaistehontarpeen, joka kuvaa lämpöpumpun tehoa. Energiakentillä ohjelmaa määrittelee nettoenergiatarve, jonka suuruus täytyy ylittää meidän saama arvo. Oletuksena myös, että kesimääräisesti talossa asuu neljä henkilöä. Täten henkilöiden lämpimän käyttövedenosuuskentällä syötetään energiantarve erikseen. Lämpöpumpun liittyvät tiedot ovat taas valmistajan tekniset tiedot, tärkein kuitenkin on määritellä lämmön lähde (meidän tapauksessa kallio) ja määritellä lämpöpumpun teho, jonka suuruus on oltava isompi kuin kokonaistehoterve lämmitys. Eli lämpöpumppu tyypin teho on 6 kW ja kokonaistehoterve lämmitys.
- Ohjelma antaa myös seuraavat tiedot jatkolaskelmien vuoksi:

**Taulukko 6.** Ohjelman antamat laskennalliset arvot.

Aktiivinen porasyvyys	124 m
Ominaisenergianotto	98 kWh/m

Ominaisistehonotto	36 W/m
Lambda-arvo	3,0 W/mk
Tulevan keruuaineen keskilämpötila	-0,5 °C
Keruuaineen lämpötilaero	3 °C

4. Loppupäätelmät ja havainnot sekä ohjelman saamat käyrät:



## 8.5 Maalämmön hyötysuhde ja analyysi

Edellä esitetty laskentapa perustuu Suomen olosuhteisiin ja Suomessa olevan kalliotyypin. Nettoenergiantarve (ei sis. taloussähkö) on meidän alkuperäisen laskelman mukaan 15 465,6 kW. Ohjelma mitoittaa hieman yläkanttiin varmuuden vuoksi. Saatu arvo on 16 050 kWh/vuosi. Tämä arvo edustaa kokonaisnettoenergian tarve. Lämpöpumppu pystyy tuottamaan kalliolta energiaa 12 307 kWh/vuosi. Eli prosentuaalinen hyötysuhde on:

$$\eta = \frac{12\,307 \frac{kWh}{vuosi}}{16\,050 \frac{kWh}{vuosi}} \approx 0,77 \quad \text{Eli } 77 \% \quad (9)$$

Eli laskennallinen hyötysuhde on 77 %. Noin 77 % energian tarpeesta voidaan tuottaa käyttämällä maaenergiaa. Seuraava tarkastelu kuvaa energiankulutus- ja tuottotilannetta ennen ja jälkeen lämpöpumpun asennusta:

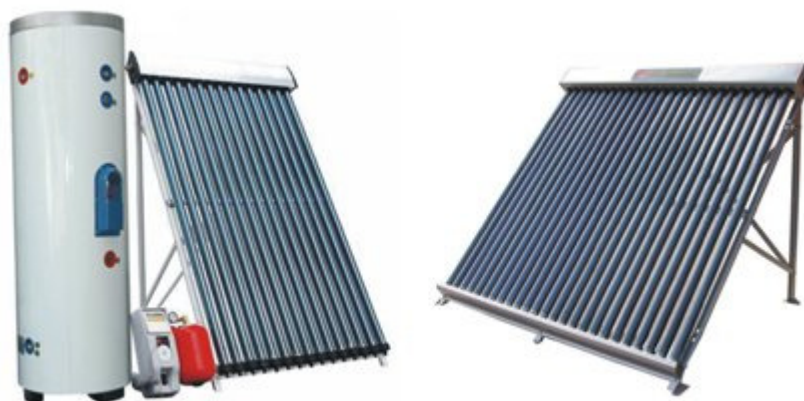
**Taulukko 7.** Energiantarve ja tehonterve ennen ja jälkeen lämpöpumpun asennusta.

	Ennen asennusta	Asennuksen jälkeen
Energiantarve	16 050 kWh	4 067 kWh
Tehontarve	5,0 kWh	0 kWh

Maalämpöpumpun tuottama energiaa on näin ollen maksimaalisesti käytössä Suomen olosuhteissa.

## 9 AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄN TOIMINNALLINEN KUVAUS

Auringosta saatavan lämmön avulla voidaan tuottaa merkittävä osa vuotuisesta käyttöveden lämmittämiseen kuluva energiasta. Aurinkolämpö on myös hyvä energianlähde maalämmityksen tueksi: Aurinkokeräimet vastaanottavat auringon säteilyä ja muuntavat sen lämmöksi. Keräimet asennetaan yleensä talon katolle, mutta ne voidaan sijoittaa myös esimerkiksi seinälle tai rinteeseen. Keräimissä kiertävä lämmönsiirtoneste kuljettaa lämpöenergian talon käyttövesivaraajaan. Lämmönsiirto keräimien ja varaajan välillä hoidetaan erityisellä ohjausjärjestelmällä./19/



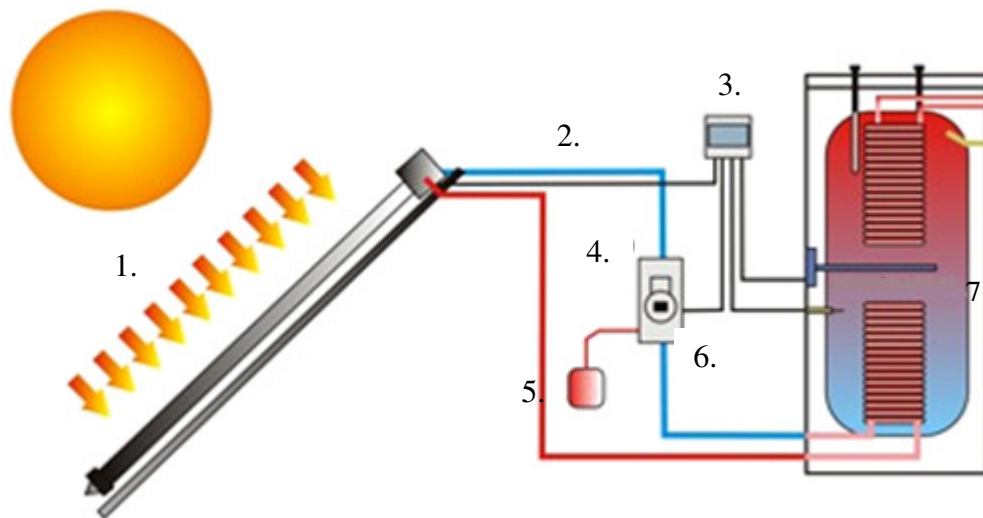
**Kuva 10.** Aurinkoenergian keräimet ja varaaja.

### 9.1 Auringon säteilyenergiaa Suomessa

Auringonpaistetuntimäärä on hankala muuntaa kokonaisuksi auringonpaistepäiviksi, sillä eri päivinä pilvisyyden vaihtelut määräävät auringonpaisteen "ulottumisen" maan pinnalle. Vuodenajan mukaan aurinko on meillä horisontin yläpuolella hyvin erilailla eri kuukausina. Esimerkiksi joulukuussa, kun päivä on lyhimillään, aurinko voi Helsingissä enimmillään paistaa vain reilut viisi tuntia vuorokaudessa, mutta kesäkuussa melkein 20 tuntia. Sodankylässä taas kaamosaikaan auringonpaisteesta ei kerry edes auringonpaisteminuutteja, vaikka valo toki kajas-

tee keskikäivällä selkeällä säällä. Keskiössä taas 24 tuntia auringonpaistetta vuorokaudessa on siellä mahdollinen./20/

## 9.2 Aurinkokeräimen rakenne



**Kuva 11.** Aurinkojärjestelmän toiminnan kuvaus.

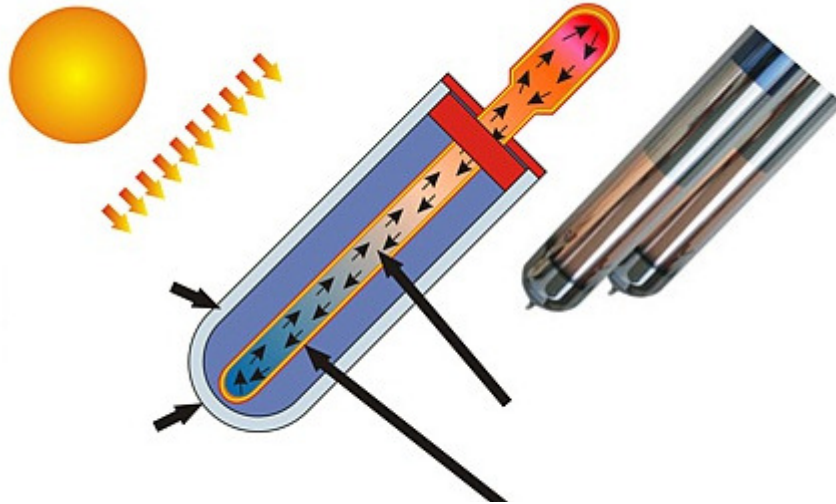
1. Aurinkokeräin
2. Lämpötila-anturi 1
3. Ohjain
4. Pumppu
5. Paisuntasäiliö
6. Lämpötila-anturi 2
7. Sähkövastus

Systeemi voi kytkeä maalämpövesisäiliöön ilman erillistä teknistä ratkaisua. /19/

## 9.3 Aurinkokeräimen toimintaperiaate

Lämpöpumppuputken sisällä on alkoholiyhdiste, joka kaasuuntuu alhaisessa lämpötilassa. Kaasu nousee putken yläosaan luovuttaen lämpöenergiaa lämmönsiirtonesteeseen. Jäähdyessään kaasu muuttuu nesteeksi ja siirtyy takaisin putken alaosaan. Putkea ympäröi kolmenkertainen adsorptiopinta ja putken ympärillä oleva

kaksiseinämainen tyhjiövaippa toimii eristeenä. Prosessi toimii kuvan mukaisesti:  
/19/



**Kuva 12.** Aurinkokeräin putken toiminnallinen kuvaus.

Jotta Aurinkokeräimet toimivat ihanteellisesti on ne asennettava  $45^{\circ}$  kulmassa seuraavan kuvan mukaisesti:



**Kuva 13.** Aurinkokeräimien asennustapa.

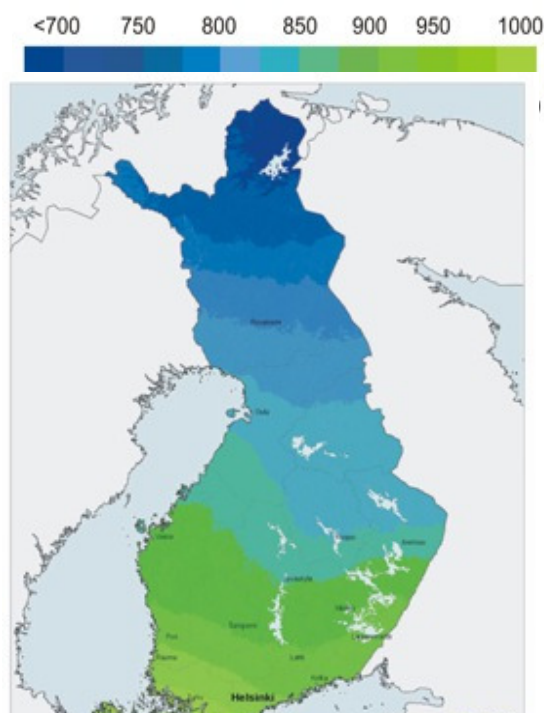


#### 9.4 Aurinkokeräimien laskennallinen toiminta

Auringon säteily on voimakkaimmillaan touko-heinäkuussa, jolloin Helsingissä saadaan auringon säteilyenergiaa kohtisuoralle pinnalle kuukaudessa keskimäärin 160-170 kWh/m<sup>2</sup>, Jyväskylässä 150-160 kWh/m<sup>2</sup> ja Sodankylässä 140-150 kWh/m<sup>2</sup>. Tammi- ja helmikuussa sekä loka-joulukuun välisenä aikana säteilyenergian määrä on alle 30 kWh/m<sup>2</sup>. Koko vuoden aikana saadaan Helsingissä auringon säteilyenergiaa keskimäärin 940 kWh/m<sup>2</sup>, Jyväskylässä 870 kWh/m<sup>2</sup> ja Sodankylässä 780 kWh/m<sup>2</sup>./19/

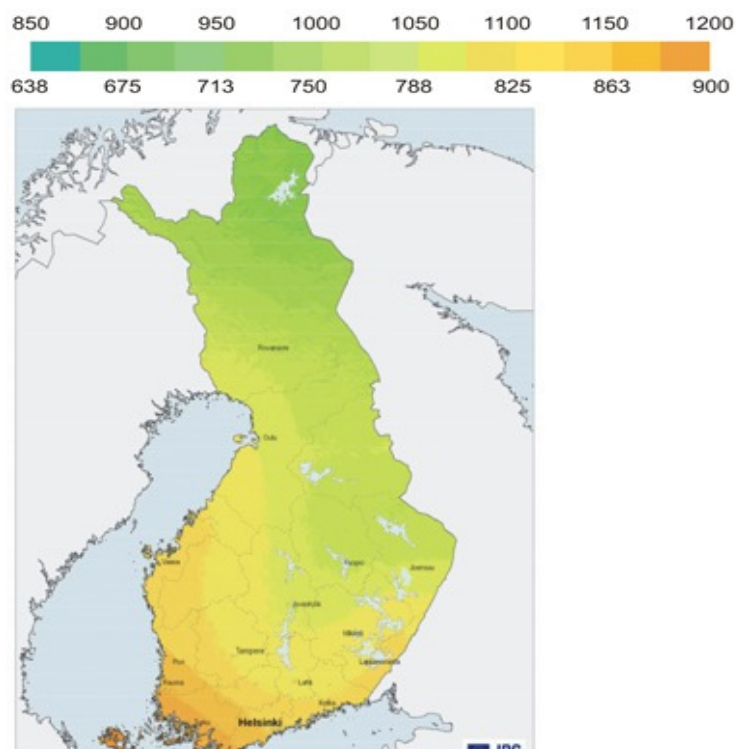
Suomessa auringon säteilyteho on keskipäivällä noin 1000 W/m<sup>2</sup>, eli tunnissa jokaiselle neliömetrille tulee energiaa noin 1 kWh. Auringonpaistetta on keskimäärin noin 1000 tuntia vuodessa. Vuoden aikana saadaan jokaiselle neliömetrille noin 1000 kWh aurinkoenergiaa. Kun paneelin hyötysuhde on noin 17 % yhdestä neliömetrin suuruudesta aurinkokennosta, saadaan parhaimmillaan vuodessa noin 170 kWh energiaa./20/

Auringon säteilyn hyödyntäminen riippuu myös hyvin pitkälti aurinkokeräimien asennustavasta ja kulmasta. Auringon säteilyn vaikutus vaakatasossa oleviin paneeleihin on havainnollistettu seuraavien kuvien avulla /20/:



**Kuva 14.** Auringon säteily Suomessa.

Vuotuinen sähkön 1kW järjestelmän suorituskyky-suhde on 0,75 (kWh / kW).  
Auringon säteily, kun paneelit ovat optimaalisessa kulmassa /20/:



**Kuva 15.** Auringon säteily, kun paneelit ovat asetettu optimaaliseen kulmaan.

Vuotuinen sähkön 1kW järjestelmän suorituskykysuhde on 0,75 (kWh/kW) /20/.

Lasku:

Edellisessä laskussa rakennuksen kokonaisenergian tarve oli 15 465,6 kW, joista 77 % pystyttiin tuottamaan maaenergialla. Loput pyritään tuottamaan käyttämään aurinkoenergia seuraavien lähtötietojen perusteella:

- Rakennuksen kokonaisenergian tarve = 15 465,6 kW
- Lämpöpumpun tuottama kokonaisenergia = 12 307 kW
- Erotus = 15 465,6 kW - 12 307 kW = 3158,6 kW

Aurinkopaneelin tuottama on  $170 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}$ , kun hyötysuhde on vain 17 %. Näin ollen kokoenergian tuottamiseen tarvitaan:

$$170\,000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times y = 3\,158\,600 \text{ W}$$

$$y = 18,85 \text{ m}^2$$

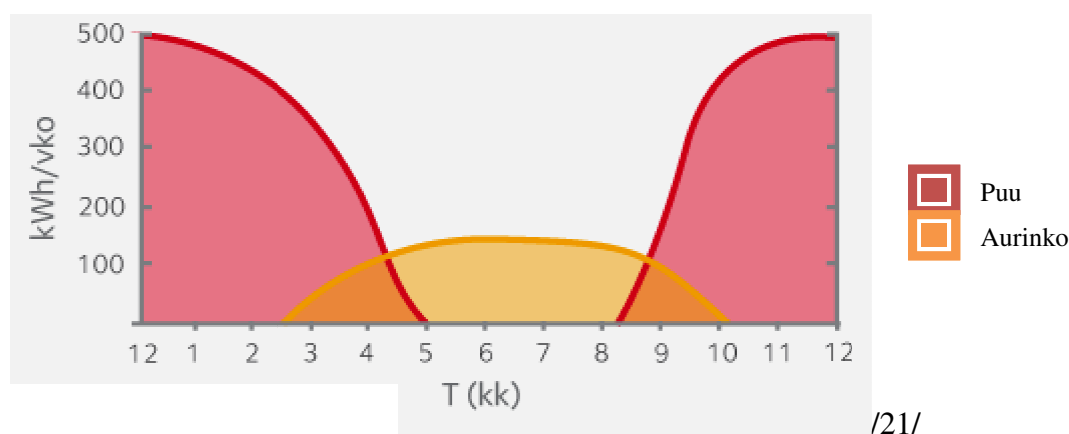
Ja näin ollen tarvittava aurinkopaneelien määrä on noin 20 m<sup>2</sup>.

**Taulukko 8.** Energiantarve ennen ja jälkeen aurinkojärjestelmän asennusta

	Ennen asennusta	Asennuksen jälkeen
Energiantarve	3158,6 kW	0

## 10 PUUENERGIAJÄRJESTELÄMÄN TOIMINNALLINEN KUVAAUS

Puuenergiajärjestelmän käyttö rakennetun energiantuottojärjestelmän yhteydessä on tarkoitettu tukijärjestelmänä pahempien ”pakkaspäivien” aikana. Varaava takka on myös osa asumismukavuudesta. Varaava takkaa kytetään kokonaisuutena koko lämmityssysteemiin, eli päävaraajaan, (maalämpöpumppuvaraajaan), joka sitten toimii tarpeen tullessa tukevana järjestelmänä. Järjestelmä voidaan kytkeä päälle myös silloin kun huolletaan aurinkopaneelia tai maapumppua. Aurinko- ja puujärjestelmä sopivat yhdessä vuorotellen toiminnassa.



Kuvio 1. esittää aurinko- ja puujärjestelmän karkeata vuorotoimintaa. Kun aurinkosäteily on vähissä varsinaisesti talvisin, puulämmityssysteemi toimii ihanteellisesti ja tehokkaasti. /22/

### 10.1 Puuenergiajärjestelmän rakenne ja toiminnankuvaus

Puulämpösystemi muodostuu kahdesta pääelementistä. Energia-aines eli puu, ja varaavataikka, missä energia-ainesta hyödynnetään haluttuun muotoon. Energia-ainesta systeemissä edustaa puubrikettejä.

Puubriketit ovat puupolttoainepuristeita, joiden halkaisija on yli 25 mm. Puubrikettituotannossa käytettävät raaka-aineet ovat mekaanisen puunjalostusteollisuuden sivutuotteita. Briketit ovat poikkileikkaukseltaan joko pyöreitä tai neliön

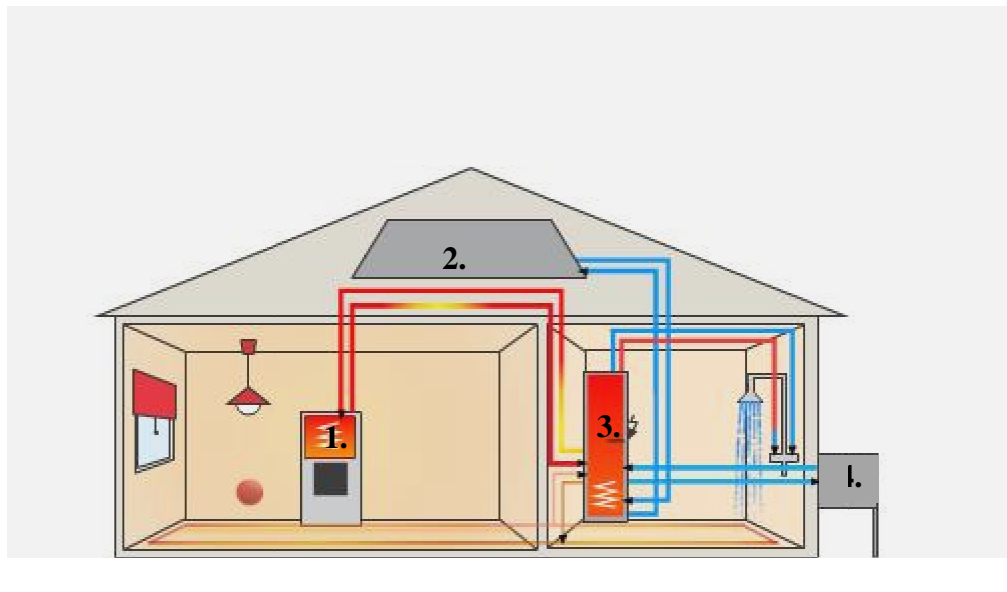
muotoisia. Puubriketit valmistetaan kuivasta purusta, hiontapölystä tai kutterinlastuista puristamalla. Raaka-aineen kosteuden on oltava alle 20 %. Brikettien tuotannossa ei tavallisesti käytetä muita kuin puun omia luonnollisia sideaineita./23/

Lämpösystemin periaate on se, että palamiserektiossa syntyvä lämpöä voidaan siirtää turvallisesti päävaraajaan. Systemi on rakennettava seuraavan esityksen mukaisesti. Lämmönsiirtimet asennetaan Takan molemmille sivuille, päälle, taakse ja etuseinään luukun yläpuolelle. Takan tuottamasta energiasta noin 30–50 % on mahdollisuus siirtää veteen , joka toimii kuljetusaineena päävaraajaan. (Tuliki-  
vi 2011, vesilämmitysjärjestelmät ).



**Kuva 16.** Takan ympärillä rakennetun putkiston toiminta.

Vesi kiertää lämmönsiirtimien kautta lämminvesiputkeen, joka siirtää sitä päävaraajaan. Pääperiaate on se, että varaavatakassa tapahtuva palamiserektion ansiosta syntyvä lämpöenergiaa siirretään vesivaraajaan ja ympäristöön. Näin voimme siirtää lämpöä tasaisesti päälämpösystemiin, joka huolehtii lämmönjakelusta koko taloon.



1. Varaava takka
2. Aurinkopaneelit
3. Vesivaraaja
4. Maalämpösystemi

Varaavataikka luovuttaa lämmön hitaasti huoneistoon. Lisäksi se mahdollistaa lämmön jaon joko käyttöveden lämmitykseen tai vesikierteiseen lattialämmitykseen, ilman erillistä teknistä ratkaisua.

## 10.2 Puuenergiajärjestelmän laskennallinen toiminta

Lähtöoletus on se, että aurinkoenergia ei pystyisi tuottamaan energiaa ollenkaan marras-, joulukuun, ja tammikuun aikana. Eli pahemman oletuksen mukaan auringon tuottama energia on nolla kW. Näin puulämpöjärjestelmä on kyettävä tuottamaan se puuttuva osuus aurinkoenergiasta. Lähtötiedot ovat:

- Rakennuksen kokonaisenergian tarve = 15 465,6 kW
- Lämpöpumpun tuottama kokonaisenergia = 12 307 kW
- Erotus = 15 465,6 kW - 12 307 kW = 3158,6 kW

Puubriketti tehollinen lämpöarvo on n. 4,8 kW/kg (Puuenergia 1995, 86–87). Näin ollen kokoenergian tuottamiseen tarvitaan:

$$4,8 \text{ kW/kg} \times x = 3158,6 \text{ kW}$$

$$x = 632 \text{ kg}$$

Ja näin ollen tarvittava puubrikettejä tarvitaan noin 632 kg.

Eli kuussa poltetaan noin 210 kg puuta kolmen kuukauden ajan, joka taas tarkoittaa noin 7,5 kg puuta päivässä.

## 11 ENERGIAMUODON KERROIN E-LUKU

Energiankulutuksen ja luonnonvarojen kulumisen määrittämiseksi tarvitaan yksi yhtenäinen tapa, jolla voidaan laskea yhteen eri energianlähteistä peräisin oleva energia kokonaisenergiakulutukseksi. Eri energialähteitä vertailtaessa on aluksi laskettava rakennuksen ostoenergia. Rakennukset voivat käyttää useita eri energian lähteitä kuten sähkö, kaukolämpöä, öljyä, kaasua, puuta, pellettejä ja niin edelleen. Näistä sähkö ja kaukolämpö ovat suoraan hyödynnettävissä olevaa energiaa. Sen sijaan polttoaineet joudutaan polttamaan lämmöksi. Polttoaineille käytetään erilaisia yksiköitä, kuten esimerkki kuutiometrejä puuta ja litroja öljyä. Käytetyt yksiköt eivät kerro niistä saatavan lämmitysenergian määrä. Sen vuoksi on aluksi laskettava, kuinka paljon vaikkapa öljylitrasta saadaan energiaa, kun se poltetaan lämmityskattilassa. Saatavan lämmönmäärään vaikuttaa polton hyötysuhde sillä osa energiasta menee hukkaan polton yhteydessä. Sen vuoksi energiaa (esim. öljy tai pelletti) on ostettava enemmän, kuin suoraan hyödynnettävä energiaa (kaukolämpö, sähkö). /24/

Kun kerrotaan ostettu energia energiamuodon kertoimella, saadaan kokonaisenergiatarkastelussa käytetty mittari, E-luku.

$E\text{-luku} = \text{Rakennukseen ostettu energia} \times \text{energiamuodon kerroin}.$

Uusissa rakentamismääräyksissä E-luvulle on asetettu yläraja sen mukaan, minkä tyyppisessä rakennuksesta on kysymys. Pientalojen E-luvun yläraja on lisäksi riippuvainen pinta-alasta. E-lukuvaatimukset ovat lievemmat pientaloille./24/

**(Taulukko 9.)** E-lukuvaatimukset ovat pientaloille.

Rakennustyyppi	E-luvun yläraja vuodessa
Pientalo	180 kWh/m <sup>2</sup>



Eri energialähteille on määritetty energiamuodon kertoimet, jotka kuvastavat luonnonvarojen käyttöä. Energiamuodon kertoimella otetaan huomioon rakennuksen elin kaaren aikaisen energiakulutuksen vaikutus luonnon varojen käyttöön. Kertoimella ohjataan kohti energiatehokasta rakentamisesta ja kestävää luonnonvarojen käyttöä. Mitä suurempi käytetyn energialähteen kerroin on, sitä enemmän energian jalostaminen rakennusta hyödyttäväksi energiaksi kuluttaa luonnonvaroja. Samoin mitä suurempi energianlähteen kerroin on, sitä vähemmän energiaa kuluttavaksi talo on rakennettava. /24/

Primäärienergia kerroin kuvaa luonnonvarojen kulumista ja ohjaa rakennusten energiatehokkuutta. Suomen 2000-luvun energiantuotannon tilastojen perusteella on määritetty niin kutsuilla hyödynjakomenetelmällä kokonaisprimäärienergiakerroin (uusiutuva ja uusiutumaton), johon esitetyt energiamuodon kertoimen suhteet perustuvat. Vertailuarvo näillä kertoimilla on fossiilisten aineiden primäärienergiakerroimen perusarvo 1,0. /24/

Rakentamismääräysehdoissa energiamuodon kerrointa määrittäessä korostettiin toisaalta tarvetta lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä ja toisaalta vähentää fossiilisten energialähteiden käyttöä. Fossiilisten polttoaineiden kerrointa pidettiin perusarvossa 1, uusiutuvien polttoaineiden kertoimella annettiin niiden käyttöä edistävä arvo 0,5. /24/

**Taulukko 10.** Energiamuodonkertoimet

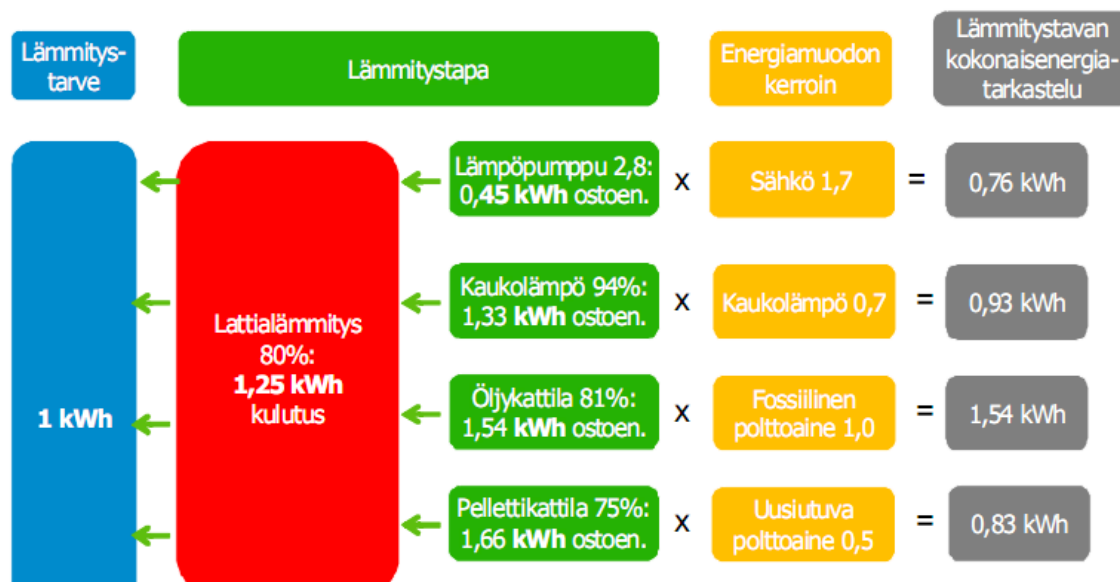
	Energiamuodon kertoimet 2012
Fossiiliset polttoaineet	1
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4

Uusiutuvat polttoaineet	0,5
-------------------------	-----

Rakennuksen kokonaisenergian käyttö ei voi vertailla suoraan kertoimia vertailemalla, vaan energiamuoto on ensin muutettava lämmöksi. Lämmityksen osuuteen E-luvussa vaikuttavat lämmitysjärjestelmän ja lämmön tuotannon hyötysuhteet, kuva1. Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkönosuu on sama kaikille lämmitysjärjestelmille, eikä sitä ole esitetty seuraavassa laskussa. Eli lasku perustuu ostettuun energia osuuteen. Meidän kohdalla Puuhun:

E-luku = Rakennukseen ostettu energia × energiamuodon kerroin.

Seuraavan kuvan avulla on havainnollistettu tässä opinnäytetyössä käytettyä laskentamenetelmää. Tässä tapauksessa ostettu energian määrä on 632 kg puuta, joka vastaa 3158,6 kW edellisten laskelmien perusteella. /24/



Kuva 18. E-luvun laskennan vaiheita .

Kuva 14 esittää miten laskelma etenee kun energiantarve on kuvitteellinen 1 kWh.  
Seuraavaksi esellään miten luvut on saatu:

- Lattialämmitys 80% =  $1 \text{ kWh} \div 0,8 = 1,25 \text{ kWh}$
- Luku 1,66 kWh Pellettikattila =  $1,25 \div 0,75 = 1,66$ ; missä 0,75 on hyötysuhde.
- Energiamuodon kerroin on taulukkoarvo.

Näin saatiin E-luvun tietylle energialähteelle. Sovelletaan samaa periaatetta käyttämällä meidän omat arvot:

**(Taulukko 11.)** Laskuihin tarvittavat lähtöarvot.

Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Lämmitystarve (kWh)/m <sup>2</sup>	Lattialämmitys 80% (kulutus)	Lämpöjärjestelmän hyötysuhteet.
120	26	33	0,75
Lämmitystapa (Pellettikattila)	Energia-muoto	Energiamuodon kerroin	Lämmitystavan kokonaisenergia-tarkastelu
43,78	Uusiutuvat polttoaine	0,5	21,9

Lukujen laskennalliset arvot :

- Pinta-ala = 120 m<sup>2</sup>
- Lämmitystarve =  $3158,6 \text{ kWh} \div 120 \text{ m}^2 = 26 \text{ (kWh)/m}^2$
- Lattialämmitys 80% (kulutus) =  $26 \text{ (kWh)/m}^2 \div 0,8 = 33 \text{ (kWh)/m}^2$
- Lämmitystapa =  $33 \text{ (kWh)/m}^2 \div 0,75 = 43,78 \text{ (kWh)/m}^2$
- Energiamuodon kerroin = 0,5

$$\text{- } E\text{-luku} = 43,78(\text{kWh})/\text{m}^2 \times 0,5 = 21,9(\text{kWh})/\text{m}^2 \quad (13)$$

Vertailuarvot:

$$\text{- } 21,9 (\text{kWh})/\text{m}^2 \leq 180 (\text{kWh})/\text{m}^2 \quad \text{OK.}$$

## 12 YHTEENVETO

Energiakysymys on aina ollut yksi isoimmista kysymyksistä koko ihmiskunnan aikana. Energiaa muuttuu muttei häviä. Energian saanti ja säilyttäminen on ollut kautta aikojen iso kysymysmerkki, jonka vuoksi tehdään organisaatiota, käydään sotia ja perustetaan teorioita. Energiaa määrää ihmisten arkipäivää ja valtioiden poliittiset suuntaukset ja päätökset. Se on herättänyt aina kiinnostusta ja maagisuutta niin minussa kuin monissa muissakin, tämän vuoksi perehdyin aiheeseen. Tämän opinnäytetyön myötä tutustuin historiallisiin tapahtumiin, jotka ovat vaikuttaneet meidän nykyisiin energian kulutustottumuksiin, sekä , samalla aiheeseen paneutuminen on avannut silmäni uudelle unelmalle. Uusi saasteeton, puhdasenerginen Eurooppa. Tämä unelma on alettava pienistä hankkeista, niin että jokainen talo voi yhdistää sekä asumismukavuutta, että energiaystävällisyyttä. Huomasin, tämän tutkimuksen myötä, että paras ratkaisu on yksilöllinen ratkaisu, joka on suunniteltu sopimaan tiettyä tarkoitusta.

Suomi on riippuvainen globalisaatiosta ja energiamarkkinoista ja Suomessa on ankarat olosuhteet, jotka asettavat omat ehtonsa energiaratkaisujen rakentamiseen. Kuitenkin Suomessa on huippuluokan kallio ja pitkä ihanteellinen kesä aurinkoenergian saamiseen. Lisäksi Suomi on hyvin metsäinen maa ja puuainesta on runsaasti ympärillä. Nämä seikat yhdistävät energiaratkaisun, joka on sopiva pientaloille ja tavalliselle ihmisille. Energian saanti on lähes riippumaton ulkoisista tekijöistä, kuten Lähi-idän öljykriisit tai ydinenergian onnettomuudet.

Työn ajankohtaisuus on koko maailman suuntautuminen öljynjälkeiseen aikaan. Ydinvoima-aika alkaa olla jo vanha ilmiö, vaikka nykyajan tekniikan mukaan riski onnettomuuteen on varsin pieni. Onnettomuuden sattuessa on edessä iso katastrofi. Energiaa voit tuottaa itse, omassa kodissa, omien resurssien kautta.

Lähes nollaenergiatalo tarjoaa maalämmön, aurinkoenergian, ja puuenergian kautta kokonaisratkaisu energiakysymykseen. Kuitenkin suurin osa laskuista on oletuspohjaisia laskuja ja lopulliset ratkaisut karttuvat kokemuksen myötä. Ympäris-

töystävällisen energian teollisuuden tarjoamat ratkaisut ovat varsin tehokkaita, mutta koko teollisuus on alkuaskeleilla verrattuna öljyteollisuuteen. Hyvänä lähtökohtana on se, että energia saaminen on puhdasta ja virheille on suurempi marginaali, kun haittavaikutukset eivät tuhoa ympäristöä vaan sallivat kokeiluja.

## LÄHTEET

- /1/ Lehto T.2009 Energia yhteiskunnassa, s.9-65. Helsinki.
- /2/ Öljyalan keskusliitto julkaisema tutkimus <http://www.oil.fi> 2009. Öljy aja öljyvarat. pdf.
- /3/ Energiateollisuus ry (ET) on sähkö- ja kaukolämpöalaa etujärjestö. Viitattu 9.2.2011 <http://www.energia.fi/>. Energia ja energialähteet .
- /4/ Kuismaa M . 1998 Kylmä sota, Kuuma öljy. Neste, suomi ja kaksi Eurooppa. Helsinki. s 433
- /5/ World Health organization, Health effects of Chernobyl accident – report. 1998. Bryssel s.99
- /6/ Euroopan yhteisön komission, Komission tiedonanto Euroopan-parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomentalalle ja alueiden komitealle. s.2-7 2011. Viitattu <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0030:FIN:FI:PDF> Komissio Pdf.
- /7/ Aurinkoenergian virallinen lähde, viitattu 5.6.2010. [www.aurinkoenergia.fi](http://www.aurinkoenergia.fi) Aurinkoenergia yhteiskunnassa. Pdf
- /8/ Motiva; Motiva on asiantuntijayritys, joka kannustaa energian ja materiaalien tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön. Motivan palveluja hyödyntävät julkinen hallinto, yritykset ja yhteisöt sekä kuluttajat. Viitattu [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi) Uusiutuva energiaa. pdf
- /9/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuussa 2010 rakennuksen energiatehokkuudesta (uudelleen laadittu), 5 kohta. Viitattu <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi.
- /10/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuussa 2010 rakennuksen energiatehokkuudesta (uudelleen laadittu), artikkeli 9. Viitattu <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi.

- /11/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuussa 2010 rakennuksen energiatehokkuudesta (uudelleen laadittu), artikkeli 2. Viitattu <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi.
- /12/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuussa 2010 rakennuksen energiatehokkuudesta (uudelleen laadittu), rakennusten energiatehokkuuslaskenta. Viitattu <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU.
- /13/ Nibe:n F1245 Maalämpöpumppuesite ja tutkimuskirja, s. 13-36, 2009 Tukholma.
- /14/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuussa 2010 rakennuksen energiatehokkuudesta (uudelleen laadittu), rakennusten energiatehokkuuslaskenta.
- /15/ Lehtinen et al. 1998: 95. Lehtinen et al. 1998: 94.
- /16/ Viesmann-lämpöpumppu esite, tekninen osa. S.3-19, 2009 Berliini.
- /17/ Motiva; Motiva on asiantuntijayritys, joka kannustaa energian ja materiaalien tehokkaaseen ja kestäväan käyttöön. Motivan palveluja hyödyntävät julkinen hallinto, yritykset ja yhteisöt sekä kuluttajat. Viitattu [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi) Uusiutuvaa energiaa. pdf
- /18/ Hakala P. 2009. Puuenergia, Jyväskylän teknologiakeskus s.25-26 Helsinki.
- /19/ Lehesvuo M. Risbergin energia-asiantuntijan keskustelu. Viitattu <http://www.groundenergy.fi> julkaisuissa artikkeleissa.
- /20/ Suomen ilmatieteen laitos, auringonpaistetunnit -dokumentti. Viitattu <http://www.ilmanlaitos.fi/auringonpaistetunnit>. Suomen ilmatieteen laitos
- /21/ Verkkopedagogin sovellukset –Itäsuomen ammattikorkeakoulun virtuaalinen opetussysteemin. Viitattu 5.6.2006 <http://elearn.ncp.fi>. Verkkopedagogin sovellukset
- /22/ 2009. Tulikiviasennusohje s. 9-12. Helsinki
- /23/ Hakala P. 2009. Puuenergia, Jyväskylän teknologiakeskus s.25-26 Helsinki.



/24/ Kalliomäki P. 28.03.2011.. Ympäristön asetus energiatehokkuudesta muistio D3, s. 1-9.Ympäristöministeriö. Helsinki.

